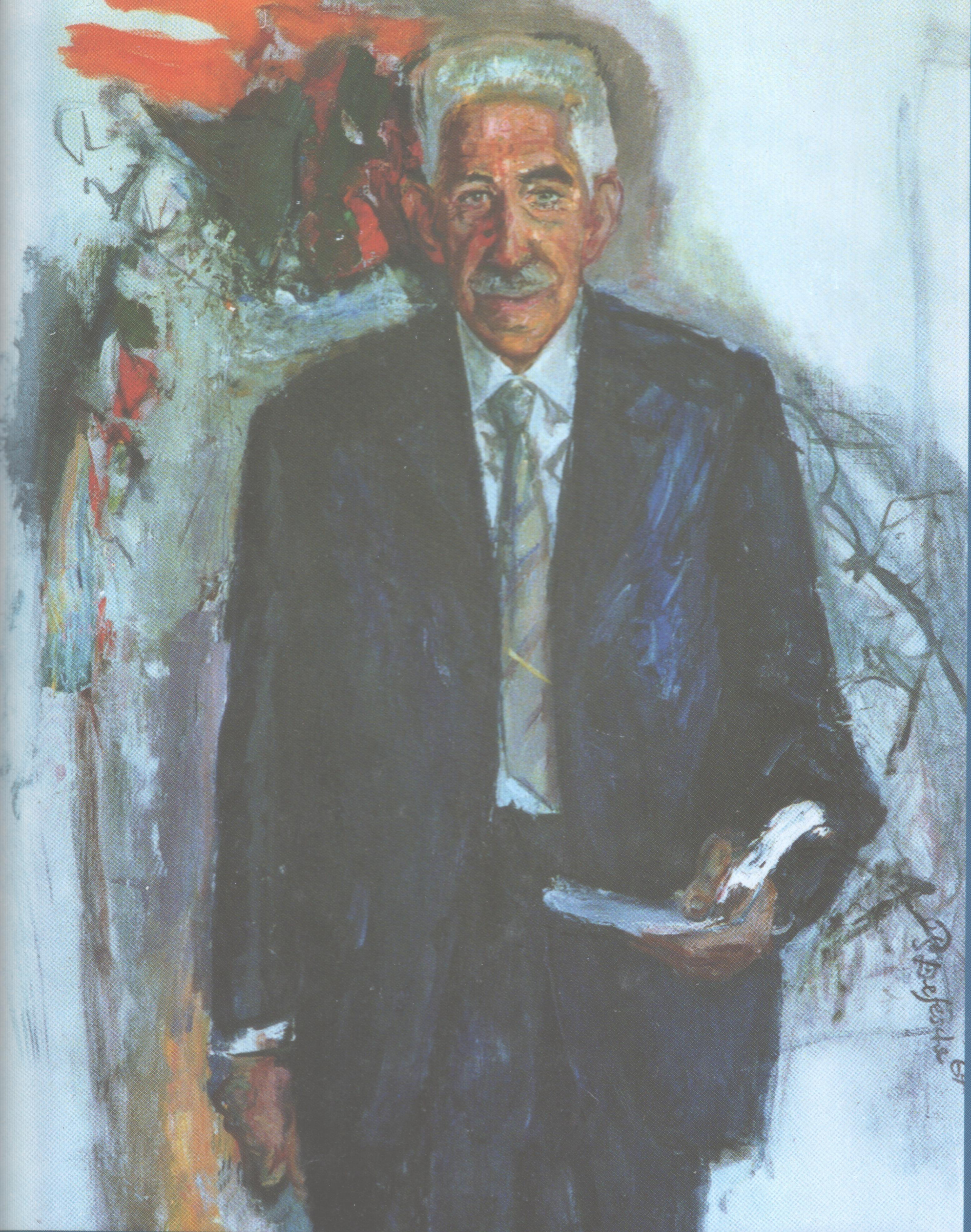
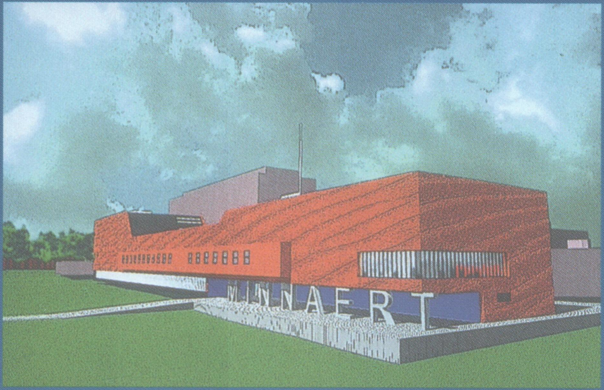
Leo Molenaar

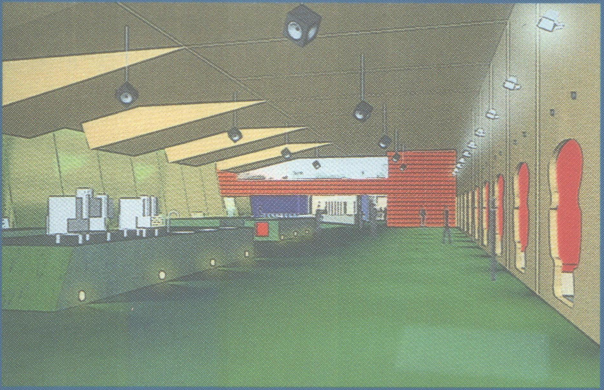


een leven lang leraar

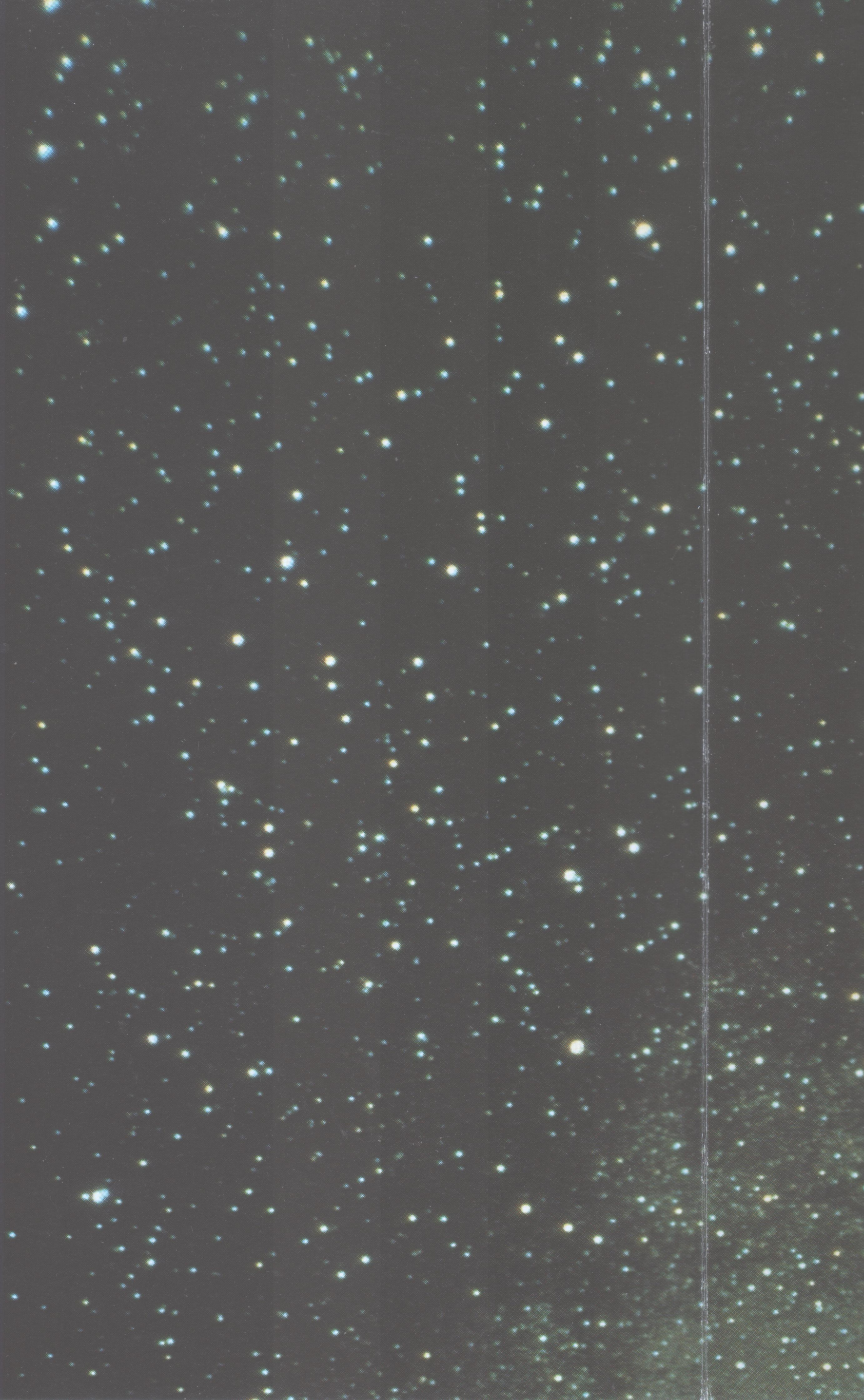
MINNAERT

Voorzijde omslag:
Portret van Minnaert door Pieter Defesche.





Schetsen voor het Minnaertgebouw van architect Willem Jan Neutelings.



Telescoopfoto van de Melkweg van David F. Malin
in de buurt van het sterrenbeeld Sagittarius
(Boogschutter).

Voorwoord

Voorjaar 1961

Met mijn fotografische platenkoffer ga ik op pad van het Fysisch Laboratorium naar de Sterrewacht. Daar staat een apparaat waarmee gemeten kan worden hoe zwart een fotografische plaat is. Het apparaat is zeer gevoelig. Instelling van het apparaat moet dus zeer precies gebeuren. Ik schuif aan lensjes, draai aan diafragma's en probeer mij te herinneren of de gelatinelaag naar de lamp toe of juist van de lamp af geplaatst moet worden. Tijdens mijn geploeter komt professor Minnaert toevallig binnen. Hij ziet mij ploeteren en besluit terstond tot uitleg van de werking en de inwerkingstelling van het apparaat. Daarna laat hij zich uitgebreid informeren wat er op de fotografische platen staat en welk nog bestaand probleem ik daarmee dacht op te lossen. Tijdens mijn vervolgbezoeken komt professor Minnaert langs en informeert hoever het staat met het onderzoek. Steeds beginnend bij het punt waarop de vorige uiteenzetting is gestopt.

Voorjaar 1994

Zojuist door het College van Bestuur aangewezen als bouwgemachtigde voor een onderwijsgebouw in de noordwesthoek van De Uithof, begeef ik mij naar een stuurgroepvergadering. Daar moet een programma van eisen gemaakt worden. We beraden ons over vierkante meters, te gebruiken materialen en de mate waarin het gebouw energiezuinig zou moeten zijn. Tijdens dit geploeter ontstaat ineens het idee het gebouw nu al een naam te geven. Daar verschijnt weer professor Minnaert, nu als naamgever van het nieuwe gebouw.

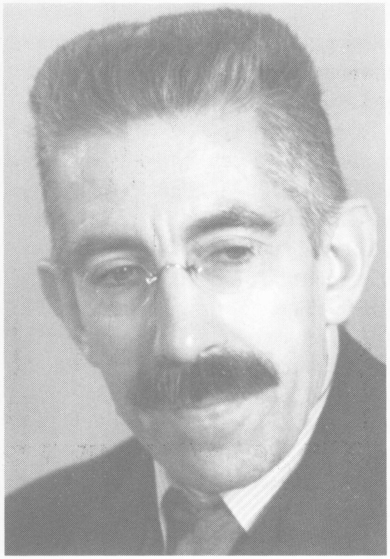
Hij was niet alleen bioloog en astronoom, ook als onderwijsgever en onderwijsvernieuwer had hij zijn sporen verdiend. *Het Minnaertgebouw dus.*

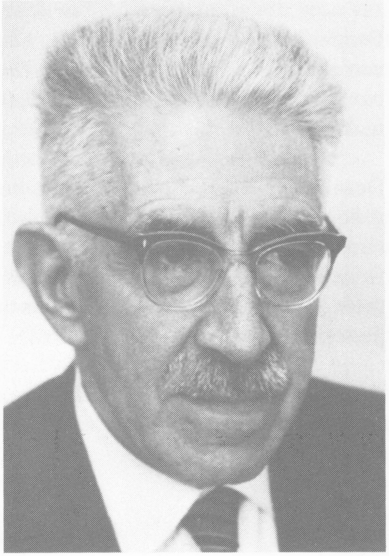
Bouwgemachtigde Zeegers toont Boudewijn Minnaert en astronoom Zwaan het nieuwe gebouw.

De architect, W.J. Neutelings, krijgt het programma van eisen en ... de drie delen van *De Natuurkunde van 't Vrije Veld* met de opdracht er iets moois van te maken.

Deze brochure is bedoeld voor alle mensen die niet genoodzaakt zijn geweest met een fotografische platenkoffer de Sterrewacht te bezoeken, en daardoor wellicht professor Minnaert nimmer hebben ontmoet. Dr L. Molenaar laat hen kennis maken met zijn persoon.

Dr P.J.Th.Zeegers, bouwgemachtigde





"O heil de geesten, die voor 't eerst, naar kennis strevend,

Opstegen in het sterbezaaide hemelruim!

Verheven moeten zij geweest zijn boven 't leven,

En menselijke vreugd, en menselijke feil.

Noch Venus noch de wijn beheerste hunne harten,

Noch 't politiek gedoe, noch 't ruw soldatenwerk,

Lichtzinnige eerzucht niet, en niet de ijdle glorie,

Zij kenden niet de dorst naar geld en rijkdom groot.

Zij brachten dichter bij ons oog de verre sterren

't Heelal omvattend door de macht van hun genie."

OVIDIUS

MINNAERT

Marcel Gilles Jozef Minnaert (1893-1970)

Marcel Gilles Jozef Minnaert wordt in Brugge geboren op zondag 12 februari 1893 om 12 uur. Een zondagskind. Zijn ouders, Jozefina van Overberge en Jozef Minnaert, zijn beiden leraar: zij 'regentes' aan de meisjesnormaalschool te Brugge en hij 'professor' aan de normaalschool te Gent. Ze trouwen laat: hij is 46 en zij 34 jaar. Anderhalf jaar na het huwelijk wordt hun oogappel geboren.
Het enig kind heet naar moeder, vader en tevens naar Gilles Désiré, zijn oom en peter. Gilles is inspecteur van het stedelijk onderwijs te Gent, en voert er de vernieuwende methodes van Fröbel en Pestalozzi in. Gilles en Jozef zijn actief in de Vlaamse beweging. Volgens Gilles besteden zij samen 'ruim twaalf jaar al hun zondagmiddagen en avonden, om in de verschillende werkmeisjes- en werkjongensgemeenschappen der stad voordrachten te houden'.

De ouders wijden zich geheel aan de opvoeding van Marcel. Jozef begint een *Dagboek* met observaties. Hij had kinderarts willen worden. Voor zijn zoon zou hij die weg plaveien: 'Ik zou van jongsaf hem lust doen vinden in het lezen van 't groote boek der Natuur; plantkunde, dierkunde, ontleedkunde zouden hoofdvakken worden. Bovenal zou ik hem goed leeren zien, onderzoeken; hij zou minder in boeken snuffelen dan zelf leeren nagaan, doorgronden. Een vergrootglas, een goed microscoop zouden feestgeschenken zijn, evenals een photografisch toestel.'
Hij noteert het eerste leergesprek met de tweejarige: "'Papa, zou de zon mij hier niet kunnen branden?', vraagt onze toekomstige natuuronderzoeker. 'Wel zeker neen', zegt papa, 'ze is veel, veel te ver van u.' 'En als we er dicht bij zijn, papa?' 'Ja dan', antwoordt vader. 'We hebben geen vleugeltjes om naar de zon te vliegen', herneemt de kleine man."
Over de driejarige kleuter schrijft hij: " Wat regen is legt hij op de volgende wijze uit: Als Marie de wasch doet ziet men het warm water omhoog gaan, de damp vliegt ook uit de locomotief; de wind drijft dan later dien damp samen, hij wordt zwaar en valt, en dat is de regen."
Na enkele jaren wordt de vader ernstig ziek, en verhuist het gezin naar Gent. Het kind is negen jaar als de vader overlijdt. Jozefina gaat met vervroegd pensioen, en heeft de hele dag voor Marcel, die naar het atheneum gaat. Volgens de moeder bereiden ze 'samen' werkstukken en voordrachten voor; ze beginnen een museum van muziekinstrumenten en ze reizen elk jaar door Europa. Marcel krijgt in huis een timmerwerkplaats en een laboratorium voor elektriciteits- en scheikundeproeven. Hij beschikt over een studeerkamer met een schouw en een balkon met weids uitzicht over het park.
De jonge Minnaert torent een hoofd boven zijn klasgenoten uit. De prestaties op school zijn verbluffend. In 1909 neemt Marcel deel aan een nationale wedstrijd in zeven studievakken. Hij blijkt de beste leerling van Vlaanderen; de eerste plaats in Nederlands èn in fysica (met 99 van de 100 punten), de tweede plaats in Grieks en geschiedenis en de derde in Latijn.
De moeder schrijft: 'Uw uitslag maakte veel ophef: in dagbladen verscheen een artikel speciaal; kaarten zelfs van hoogleeraars werden ons gezonden, iedereen wenschte u geluk, en uw oom schreef een schoonen, gemoedelijken brief, om u toch niet te laten verblinden door uw succes.'
In 1910 gaat Marcel aan de Gentse Hogeschool 'natuurlijke wetenschappen' studeren. Hij legt ook examens af in vakken als 'geschiedenis der kunst'. Was hij op het atheneum actief als voorzitter van de Vlaamsgezinde jongelingmaatschappij *De Here-*

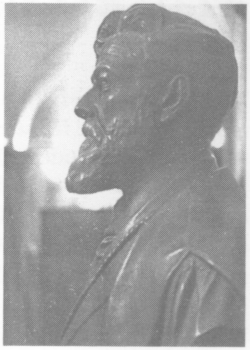
Jozefina van Overberge

Jozef Minnaert

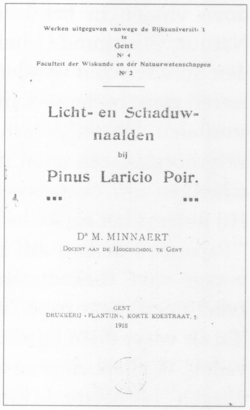
manszonen, op de Hogeschool wordt hij, aangevuurd door zijn promotor Julius MacLeod.
In de zomer van 1911 zien Jozefina en Marcel samen zes opera's van Wagner op het Festival te Bayreuth. In Gent verzorgt Marcel daarop in een 'proppenvol' Notarissenhuis een reeks lezingen over Wagners *Der Ring des Nibelungen*, waarbij hij aan het klavier lokale zangers begeleidt; de sessies duren tot diep in de nacht.

Leermeester: Julius MacLeod (1857 - 1919)

De plantkundige Julius MacLeod was een ondernemend en veelzijdig man. Hij nam het initiatief tot de *Vlaamsche Natuur- en Geneeskundige Congressen* (1897), was een fel flamingant en ontwierp een voorstel tot vervlaamsing van de Gentse Hogeschool (1897). Hij was de eerste die een *University Extension* inrichtte voor burgers en afgestudeerden. Hij pleit in zijn hoofdwerk, *The quantitative Method in Biology* (1919), voor het wiskundig bewerken van biologische waarnemingen. De eerste wetenschappelijke publicatie van Marcel Minnaert, *Licht en schaduwbladeren bij Ilex aquifolium* (1912), past in dat kader: de vele waarnemingen zijn statistisch bewerkt.
Deze MacLeod stelde de wetenschap èn het Nederlands hoog: "Het zijn die enkelen die wij moeten hebben. Zij, die weten wat zij willen, die de noodige kracht bezitten om anders dan met woorden te willen, die hun doel willen bereiken langs den steilen weg die in rechte lijn onder verzengende stralen der zon omhoog voert, zij zijn het die wij uitnoodigen... naar omhoog. (..) Heeren studenten. Het is op uwe werkkamer dat gij, door de studie van het wetenschappelijk Nederlandsch, u zelf zult vormen, in weerwil van de pletmolen, tot Vlaamsche natuuronderzoekers, geneeskundigen, rechtsgeleerden, ingenieurs, enz. (..) De verfransching, die onze landaard versmacht, is een hinderpaal op den weg die naar ons ideaal voert; wie dien hinderpaal wil wegnemen, mag handelen met het volle bewustzijn dat hij werkt voor de grootheid en de voorspoed van zijn land."
MacLeod kritiseerde het sociaal-darwinisme dat Darwins inzichten over 'de strijd om het bestaan' overdraagt op de menselijke samenleving: in de natuur was 'wederkerig dienstbetoon' even goed een kenmerk. De geschiedenis van de mensheid leerde juist de kracht van samenwerking. Daarom was de strijd tussen mensen, ook de klassenstrijd, voor MacLeod geen factor van vooruitgang maar een kwaad. Hij bracht de jonge Minnaert de toewijding aan de wetenschap bij, maar ook op Kropotkin geënte sociologische inzichten en hartstocht voor de Vlaamse beweging. In het eerste studiejaar wordt Marcel redacteur van *De Goeden Dag*, het orgaan der Vlaamsgezinde studenten: de redactie vergadert in zijn kamer. Over *Tweetaligheid* schrijft hij maart 1913: "Wij voelen niets, absoluut niets voor België, waar we behandeld worden als slaven (..) Als ik te Gent, op alle openbare gebouwen, op gemeentelijke stukken en formules, enz, overal de twee talen zie, dan zou ik soms kunnen razend worden, bedenkend, in mijzelf hoe belachelijk, hoe hoonend die bastaardopschriften zijn in de vrije, fiere, aloude Arteveldestad."
Minnaert promoveert op 24 juli 1914, vlak voor het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog *avec la plus grande distinction*. De vervlaamste Hoogeschool zal zijn franstalige dissertatie in 1918 uitgeven: *Licht- en schaduwnaalden bij Pinus Laricio Poir*. Het is een onderzoek naar de invloed van licht op de bouw van de naalden. Eerder heeft hij onderzocht hoe het licht de groeirichting van de waterplanten stuurt. Minnaert: "Bij dat werk over de invloed van het licht op de planten had ik duidelijk gemerkt dat mijn natuurkundige kennis onvoldoende was en dat kwam omdat het onderwijs daar in Gent in mijn tijd zeer ouderwets was. Ik merkte dus dat ik een heleboel moest bijleren en vooral dan optica. Leiden was een belangrijk centrum voor wis- en natuurkunde, en



Julius MacLeod; borstbeeld in de aula van de Gentse universiteit.



Werken uitgegeven vanwege de Rijksuniversiteit te Gent
Nr 4
Faculteit der Wiskunde en der Natuurwetenschappen
Nr 2

Licht- en Schaduwnaalden bij Pinus Laricio Poir.

Dr M. MINNAERT
Docent aan de Hoogeschool te Gent

GENT
DRUKKERIJ «PLANTIJN», KORTE KOESTRAAT, 5
1918

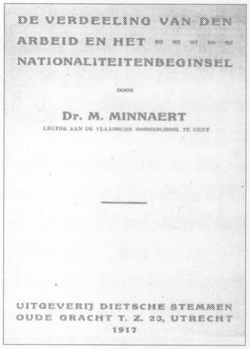
dus ben ik daar naar toe gegaan in het jaar 1915-'16. Voor de optica ben ik in 1918 onmiddellijk naar Utrecht gekomen omdat ze hier een belangrijk centrum voor optica hadden." In 1919 schreef de Utrechtse zonnefysicus W.H. Julius in zijn jaarverslag: "In de astrophysische afdeeling werd geregeld gewerkt door Dr. M. Minnaert, wiens kundige en nauwgezette hulp bij de uitvoerige voorbereidingen tot het zonne-onderzoek van groote waarde is geweest."
Maar er was een tweede reden waarom Minnaert naar Utrecht kwam.

'Activist' en lector aan de Gentse Hogeschool

Marcel Minnaert is eind oktober 1914, na de Duitse bezetting van Gent, één van de oprichters van de beweging *Jong-Vlaanderen*. De Jong-Vlamingen noemden zich naar de Jong-Turken die kort tevoren het Turkse sultanaat hadden geschokt. Ze eisten een onafhankelijk Vlaanderen, en ze kozen de Duitse zijde in het wereldconflict. Binnen die activistische beweging is Minnaert als enige meer op Nederland gericht. Als de Duitse *Flamenpolitik* in 1916 leidt tot de vervlaamsing van de Gentse Hogeschool, betoont Minnaert zich een onvermoeibaar propagandist en een bekwaam lector in de natuurkunde.
In 1916 verantwoordt Marcel Minnaert zijn politieke activiteit in een serie artikelen: *De verdeeling van den arbeid en het nationaliteitenbeginsel.* Aanknopend bij MacLeods 'wederkeerig dienstbetoon' stelt hij dat een optimale arbeidsverdeling essentieel is voor de progressieve ontwikkeling van de mensheid: een maximale diversificatie en complexiteit zal een optimale 'verrijking van het leven' geven.
Daarom verwelkomt hij de vrouwenbeweging èn de nationalistische bewegingen: "Waarom zou een vrouw hare vrouwelijkheid verliezen door aan sterrekunde te doen of in marmer te beelden? De vrouw moet de wereld voor zich ontsluiten, en dat in het belang der gansche menschheid. En ze zal tevens vrouw blijven in al haar denken en doen: ja, dan alleen zal ze werkelijk vrouw kunnen zijn. Want het ware is het volledige: zoolang de vrouw hare krachten niet ontwikkelt op alle gebied, zoolang ze haren arbeid niet geeft aan geheel ons groot-menschelijk bestaan, zoolang heeft ze zichzelf nog niet gevonden. En zoolang zijn wij, menschen, nog maar half bewust van onze menschelijkheid."
Hij acht ook "de Nationaliteitengedachte onverbrekelijk verbonden met die der wereldburgerschap en der broederlijkheid van alle menschen". De creatieve gaven van elk volk drukken zich in de eerste plaats uit in de taal. Het onderdrukken van die taal en het uitsluiten van die taal als drager van cultuur en wetenschap blokkeert de Vlaamse bijdrage aan het wereldburgerschap. De conclusie van de 23-jarige activist is

Etappen-Inspektion der 4. Armee
Etappen-Kommandantur No
Liste No 1046
Gent, den 12. Januari 1918
GÜLTIG BIS ~~31. März~~ 1918
GELDIG TOT
Verlängert bis ... Etappen-Inspektion der 4. Armee
ERLAUBNISSCHEIN - VERLOFBEWIJS
zum Photographieren -- voor het fotografeeren
FÜR – VOOR
Name: / Naam: Marcel Minnaert
Staatsangehörigkeit: / Nationaliteit: Vlaming.
Wohnort: / Woonplaats: Gent
Wohnung: / Woning: Citadellaan 73
Beruf: / Beroep: Docent aan de Universiteit (Physica)
Gültig nur in: / Geldig alleenlijk in:
Personalbeschreibung - Signalement:
Alter (ouderdom): 24 jaar
Geb. zu (te): Brugge
am (den): 12 Februari 1893
Figur (gestalte): slank
Grösse (grootte): 1.90 m.
Haare (haar): donkerbruin
Bart (baard-knevel): bruin
Augen (oogen): bruin
Nase (neus):
Augenglas (knijp-bril): ja
Bes. Kennzeichen (Bijz. kenteeken): zonder
A. B.
MAJOR
beim Stabe der Etapp. Insp. 4.
Dieser Erlaubnisschein gilt niemals als Reiseschein! - Dit verlofbewijs is nooit als reispas geldig!

Minaert geeft in eigen handschrift als nationaliteit op: 'Vlaming'.


DE VERDEELING VAN DEN ARBEID EN HET = = = = = NATIONALITEITENBEGINSEL
DOOR
Dr. M. MINNAERT
LECTOR AAN DE VLAAMSCHE HOOGESCHOOL TE GENT
UITGEVERIJ DIETSCHE STEMMEN
OUDE GRACHT T. Z. 23, UTRECHT
1917

dat alle middelen geoorloofd zijn om de Vlaamse cultuur te redden: óók samenwerking met de Duitse bezetters.

Na Duitslands nederlaag moeten honderden activisten, onder wie veel geleerden en kunstenaars, vluchten. Op 19 oktober 1918 worden zoon en moeder Minnaert uit het Gentse register geschrapt; ze worden door vrienden in Nederland opgevangen. Op 11 november 1918 wordt de woning van de Minnaerts aan de Parklaan 92 geplunderd, het huisraad vernield en in brand gestoken. Minnaert wordt in juli 1920 in het proces van de Vlaamse Hogeschool bij verstek veroordeeld tot vijftien jaar dwangarbeid.

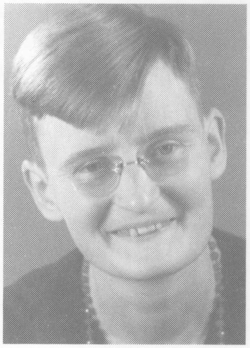
Het activisme was in Vlaanderen niet populair, al kende het vooral in Gent enige aanhang. Het kreeg pas in de jaren twintig een breed draagvlak, toen de Belgische staat de onderdrukking van Vlaanderen voortzette. De gedetineerde activisten werden toen martelaars. In 1929 vervielen de straffen. Die kwijtschelding was een voorwaarde om in Nederland genaturaliseerd te worden; in 1932 werd Minnaert Nederlander. In 1937 volgde de amnestie, en kregen de activisten het kiesrecht terug.

Minnaert in Nederland

Marcel Minnaert kan in Utrecht direct aan het werk op het *Heliofysisch Instituut* van H.W. Julius, en hij wordt op het Fysisch Lab een gewaardeerd medewerker van directeur L.S. Ornstein. De Minnaerts installeren zich eerst in Zeist, dan in Soest en ten slotte te Bilthoven. Op hun huis aan de Parklaan 88 vermelden twee gevelstenen de afsluiting van Rodenbachs Vlaamse hymne: "*Vliegt de Blauwvoet. Storm op zee.*" Hij blijft actief in de Vlaamse beweging. Eind 1928 trouwt hij met Maria Bourgonje Coelingh, studente in de natuurkunde, die hij als eerstejaars heeft leren kennen. Ze zijn wars van traditie,

Minnaert met zonen Koen en Boudewijn.

willen eigenlijk ongetrouwd samenwonen en trouwen in regenjas. Zij is dan 22 jaar en hij 35.
In 1929 maken ze deel uit van de Nederlandse zonne-eclipsexpeditie naar Sumatra. Zij krijgen twee kinderen: Koen (1930) en Boudewijn (1931). Maria, 'Miep', studeert volzwanger af, enkele weken voor de geboorte van Boudewijn, tot ontsteltenis van menig hoogleraar. Zij wil met haar meisjesnaam aangesproken worden, maar dat is uitgesloten op het Fysisch Lab. Miep wil promoveren, maar stuit, als vrouw en moeder, op een muur van afkeuring en tegenwerking. Met de morele steun van Marcel promoveert ze in 1938 bij de chemicus H.L. Kruyt.
In de jaren dertig wordt Minnaert als beweerd 'communist' een mikpunt van de NSB, als die probeert de Vlaamse beweging in Nederland in haar vaarwater te



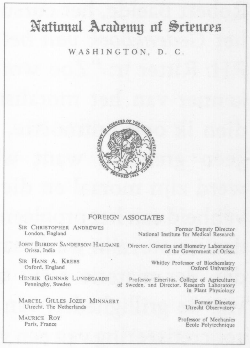
Maria Bourgonje Coelingh

krijgen. Als een Vlaams erecomité in september 1936 een sculptuur van Jozef Cantré onthult op het graf van de Vlaamse dichter René de Clercq in Lage Vuursche, brengt een groep NSB'ers de fascistengroet. Als protest steken Minnaert en twee makkers de gebalde vuist op. Dit heeft een polemiek in de landelijke pers tot gevolg, waarop de Utrechtse Universiteit zich beraadt over Minnaerts positie: zijn colleges worden tijdelijk waargenomen.

Inmiddels is de naam Minnaert een begrip geworden onder astronomen; niet slechts in Nederland maar wereldwijd. Ten tijde van het beraad over disciplinaire maatregelen krijgt hij een professoraat in Chicago aangeboden. De astronoom O. Struve schotelt hem, samen met de Nederlander Gerard Kuiper, een paradijs voor. Er zal daar een astronomische wereldtop ontstaan met Struve, Chandrasekhar, Strömgren en Minnaert. Kuiper masseert zijn nationale gevoel: in Amerika zal hij méér voor Nederland kunnen betekenen. Minnaert aanvaardt de benoeming onder voorbehoud: "De zaak is dat de Utrechtse Faculteit en enkele Nederlandse astronomen willen beproeven mij te Utrecht te behouden, mijn positie alhier te verbeteren, en een reorganisatie van de Sterrewacht in 't vooruitzicht te stellen. Ik zou deze plannen niet a priori onmogelijk willen maken, temeer daar ik zeer gehecht ben aan deze Universiteit, dit land en dit volk, aan de werkmiddelen die ik hier heb opgebouwd en de groep onderzoekingen waartoe ik het initiatief heb genomen."
Na drie maanden is de benoeming tot buitengewoon hoogleraar in Utrecht rond en kan de astronoom Anton Pannekoek (1873 - 1960) op 20 juni 1937 schrijven: "Beste Marcel, .. dat je zoo lang geduldig het einde van de officieele slakkengang hebt willen afwachten in plaats van dadelijk naar de nieuwe wereld over te springen! En ik wensch ons Hooger Onderwijs geluk, dat het nu een centrum voor astrophysica behoudt, terwijl het anders weer tot een ouderwetscher standpunt in dit vak zou terugzinken."
Het blad *Nieuw Vlaanderen* van 13 november 1937 vindt het "de rechtvaardiging-na-datum voor wie den 23-jarigen docent aan de vernederlandschte universiteit benoemde, de edele wraak tegenover wie hem beroofde, veroordeelde en verbannen hield. (..) Hij, die zelf zoo zwaar was getroffen en o.a. zijn prachtige muzikale instrumentenverzameling in vlammen had zien opgaan, bleef baken en vraagbaak, loods en stuurman: uit zijn woning te Soest en zijn Blauwvoetnest te Bilthoven reisden tientallen brieven naar het uiteengeslagen pionierscorps der ex-Gandavenses en naar andere lotgenooten. En wat hij als een symbool in de namen van zijn kinderen heeft neergelegd, is hij voor zijn omgeving steeds geweest en gebleven: koen(van)raad en een 'boude wien', een wakkere vriend."

De sociaal bewogen geleerde

Minnaert blijft ook na zijn benoeming een man, die zich maatschappelijk uitspreekt. Moedig is zijn *In Memoriam* op de voorpagina van het *Utrechtse Faculteitenblad* van 23 mei 1941. De Duitse bezetter had de joodse hoogleraren Wolff en Ornstein ontslagen. De laatste werd de toegang tot zijn laboratorium ontzegd, en stierf enkele maanden later. Minnaert: "Een man van groot formaat is van ons heengegaan. (..) Somberheid vervult ons, wanneer wij ons allen voor den geest roepen, wat hij in den loop der laatste maanden heeft moeten lijden. Maar terwijl hij op zijn sterfbed uitgestrekt ligt, dreunen de machines en siddert de electrische stroom door de duizenden draden in zijn laboratorium. In zijn daden leeft hij. Zijn werk kan niet vergaan. Onvergetelijk blijft ons allen zijn nagedachtenis." Het stuk zal mede geleid hebben tot de gijzeling in Sint Michielsgestel (1942-'44).
In het kamp leidt hij, samen met de gefusilleerde

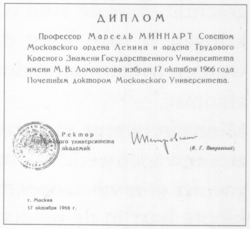

National Academy of Sciences

WASHINGTON, D. C.

FOREIGN ASSOCIATES

Sir Christopher Andrewes London, England	Former Deputy Director National Institute for Medical Research
John Burdon Sanderson Haldane Orissa, India	Director, Genetics and Biometry Laboratory of the Government of Orissa
Sir Hans A. Krebs Oxford, England	Whitley Professor of Biochemistry Oxford University
Henrik Gunnar Lundegardh Penningby, Sweden	Professor Emeritus, College of Agriculture of Sweden, and Director, Research Laboratory in Plant Physiology
Marcel Gilles Jozef Minnaert Utrecht, The Netherlands	Former Director Utrecht Observatory
Maurice Roy Paris, France	Professor of Mechanics Ecole Polytechnique

Buitenlands lid van de National Academy in Washington.


ДИПЛОМ

Профессор Марсель МИННАРТ Советом Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Государственного Университета имени М. В. Ломоносова избран 17 октября 1966 года Почетным доктором Московского Университета.

Ректор
Московского университета
академик
(И. Г. Петровский)

г. Москва
17 октября 1966 г.

Eredoctor in Moskou.

Robert Baelde, het cursus- en ontspanningswerk. In het *Gedenkboek van het Gijzelaarskamp* observeert P.H. Ritter jr: "Zoo wordt hij, de theoretische ontkenner van het moralisme, de zedelijkste mensch, dien ik ooit ontmoette. Zijn hulpvaardigheid heeft geen grenzen, want wetenschappelijke exactheid werd zijn moraal en die dient altijd; zijn overgegevenheid aan het probleem werd overgegevenheid aan den naaste, zijn waakzaamheid voor de bijzonderheden der materie werd welwillendheid ten aanzien van de grilligheden van den mensch, zijn zin voor concretiseering van een vraagstuk wordt in zijn zedelijke en emotioneele bestaan: vasthouden aan gekozen overtuigingen met een hartstochtelijke hardnekkigheid."

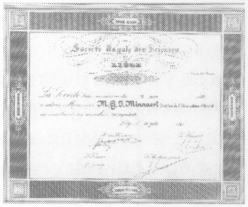
Direct na de oorlog wordt Minnaert benoemd tot gewoon hoogleraar. Gestimuleerd door Franse ideeën stelt hij voor studie te maken van de belemmeringen die er voor arbeiderskinderen liggen op weg naar de universiteit. Een Utrechtse groep wetenschapsmensen spreekt zich in een rapport (1949) uit voor *studieloon*, dat de financiële obstakels moet slechten. In de jaren vijftig propageren met name Minnaert en de wiskundige Hans Freudenthal deze gedachte. In *Vrij Nederland* zegt Minnaert in 1962 tegen Bibeb: "Het huidige stelsel is nog niet bevredigend. De proef op de som is dat slechts 1 tot 2 procent van de arbeiderskinderen studeert, terwijl de arbeiders 43 procent van de bevolking bedragen. Wie zegt: arbeiderskinderen zijn door hun aanleg minder geschikt voor de studie, geloof ik niet. In bepaalde kringen is men bang dat de universiteiten zullen worden overstroomd door jongeren van eenvoudige afkomst."

Minnaert werpt zich tevens op de strijd tegen de atoomwapenwedloop. In *De maatschappelijke gevolgen der atoombewapening* (1955) hekelt hij de opgeklopte haat in de media: "Uit de stroom van feiten wordt systematisch alles gezeefd wat kan bijdragen tot het geven van een gunstige indruk over het Oosten; een heel enkele krant die het andere standpunt inneemt doet hetzelfde tegenover Amerika. Hoe onverstandig, hoe onwijs, hoe gevaarlijk!" Hij propageert wereldwijde samenwerking tussen wetenschapsmensen als voorbeeld voor de politiek. Voor Miep Minnaert-Coelingh betekent de Tweede Wereldoorlog het einde van haar wetenschappelijke loopbaan. Daarna raakt zij als pacifiste betrokken bij de *Vredesraden*, die in de publieke opinie louter als 'mantelorganisaties' van communistische partijen worden aangemerkt.

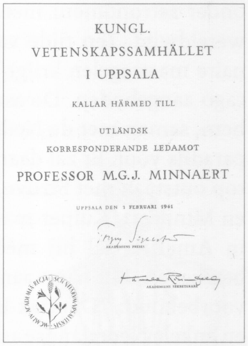
De linkse activiteiten van de beide Minnaerts worden op de Utrechtse universiteit niet door een ieder op prijs gesteld. Minnaert neemt in Nederland niet deel aan partijpolitieke activiteiten, en is geen lid van de CPN of de PSP. Toch culmineert de afwerende houding jegens zijn maatschappelijke opstelling in een veto van de senaat tegen een rectoraat, dat hem op basis van anciënniteit in het studiejaar 1958-'59 ten deel zou vallen.

Het politiek-morele klimaat verandert in de jaren zestig. De *Studenten Vakbeweging* maakt vanaf haar oprichting *studieloon* tot een politiek item. Minnaert draagt bij aan debatten zoals in 1961 over het *ontgroenen*: "Het effekt is even funest voor de ontgroenden als voor de ontgroenenden. Wat is het wat de aankomende studenten leren? Het zich zonder protest onderwerpen aan een vernederende, soms onterende behandeling; hun persoonlijke waardigheid laten varen; sexuele dingen van de grofste en walgelijkste kant bekijken; drinken. En, wat misschien nog het ergste is: ze zien voor hun ogen hoe men, de macht hebbend, de zwakkeren onderdrukken kan. Het resultaat van deze 'opvoeding' kan men een jaar later duidelijk vaststellen: de slachtoffers van toen worden nu de machthebbers, kwellers, beledigers....".

Als de *studentenbeweging* heftige commotie losslaat onder de collega's, probeert hij te verzoenen zoals bij



Luik



KUNGL.
VETENSKAPSSAMHÄLLET
I UPPSALA
KALLAR HÄRMED TILL
UTLÄNDSK
KORRESPONDERANDE LEDAMOT
PROFESSOR M.G.J. MINNAERT
UPPSALA DEN 1 FEBRUARI 1961

Uppsala

INSTITVTVM CONIMBRIGENSE
ARISSIMO VIRO
M. Minaert
INSTITVTI CONIMBRIGENSIS PRAESES
S. P. D.

INSTITVTI CONIMBRIGENSIS SOCIETAS, cuius praecipue interest litteras, scientias atque liberales artes excolere, cum uiros doctrina praestantissimos in suum ordinem adscribere contendat, te sibi Academicum patrio sermone respondentem *dictum adsciscere decreuit, idque tibi notum facere mihi commisit. Vt gratum munus exsequar, has litteras simul et diploma lubenti animo ad te mitto; quae benigne accipias, toto corde exopto. Vale, Vir Clarissime.*

Datae Conimbrigae die XI *mensis* V *anno* MCMLI.

Coimbra

MINNAERT

de diesmaaltijd van 31 maart 1968: "Met blijdschap maar ook met angst in het hart volgen we de studentenbewegingen die over de hele wereld uiting geven aan het verlangen naar een betere, vrijere, gelukkiger toekomst: te Rome en te Madrid, Barcelona en Praag en te Warschau, te Berkeley en te Djakarta, Frankfurt, Leuven en Berlijn; overal zijn ze in beweging, soms ontsporend, maar meestal toch bezield door een groot idealisme, een zeker gevoel van goed en kwaad waar geen diplomatie op den duur tegen bestand blijft."

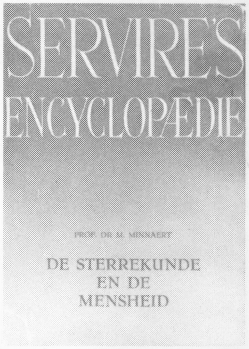
Enkele maanden voor zijn dood op 26 oktober 1970 praat hij een uur voor de Vlaamse TV. Uit de slotzinnen blijkt dat de kern van zijn opvattingen sinds 1916 niet veranderd is: "Het is duidelijk dat de grote beginselen moeten zijn dat alle kinderen gelijke rechten moeten hebben op onderwijs en ontwikkeling. Dat man en vrouw gelijke rechten moeten hebben: de vrouw moet veel meer aandeel hebben in het maatschappelijk leven. Dan geen rassenonderscheiding, geen koloniale uitbuiting van een land. Van groot belang is het behoud van het leefmilieu. (..) En dan het dringendste: het verdwijnen van de wapens, de vrede in de wereld. De maatschappij moet niet gesteund zijn op mededinging, maar op samenwerking, op de onderlinge mensenliefde."

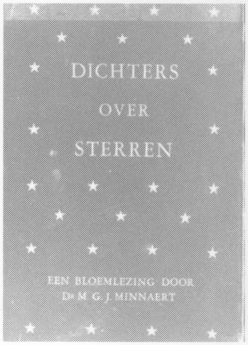
Materialist èn humanist

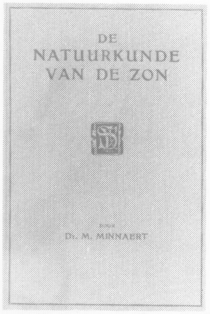
Minnaert beleeft aan zijn sterrenkunde niet slechts wetenschappelijke voldoening. Zo leidt hij de lezers van *De sterrekunde en de mensheid* (1946) als volgt binnen: "De ruimten en tijden, die de sterrekunde ons heeft geopenbaard, brengen ons een eerste vermoeden van wat oneindigheid en eeuwigheid betekenen. De onweerstaanbaarheid der krachten die zich hier uiten, vervult ons met ontzag voor de wetmatigheid der natuur. En het menselijke lot, dat ons anders met zorg vervulde, wordt onbelangrijk tegenover deze werkelijkheid. (..) Het overzien van de harmonische bouw der sterrenwereld geeft een onvergelijkelijke bevrediging van de geest...". Hij vindt zijn kosmische ervaringen met de sterrenwereld terug bij dichters. Hij selecteert uit honderden verzamelde en zelf vertaalde gedichten een bloemlezing in *Dichters en Sterren* (1949).

Bij Minnaert gaat een actief atheïsme samen met geloof in de 'harmonie van het heelal' en de 'vooruitgang van de maatschappij'; beide net zo min als religie op waarneming gebaseerd. Zijn filosofische gedachten brengt hij op gezette tijden onder woorden. In *De vrije wil* (1956) stelt Minnaert dat "elk onzer daden niets anders is dan een ingewikkelde reflexbeweging, waaruit dan verder onweerlegbaar volgt dat er geen sprake kan zijn van 'vrije wil' of 'verantwoordelijkheid' in de klassieke zin. (..) De bewegingen van alle elektronen en atomen in ons lichaam zijn te berekenen uit de vergelijkingen van Maxwell of van Schrödinger en er hoeven heus geen termen bij voor de 'wil'." In *Mens en kosmos, gezien door een humanist* (1957) schrijft hij nochtans: "De denkende mens heeft een levensdoel, dat hem bezielt en met onmetelijke kracht bevleugelt. Het doel van ons leven is de mensheid gelukkig te maken. (..) Wij rekenen niet op een hemel aan de andere kant van de sterren, Wij trachten de hemel hier op aarde te verwezenlijken. Daar hapert nogal wat aan, er is waarlijk genoeg te doen!"

Voor Minnaert is het materialistische, filosofische relaas over de 'vrije wil' hecht verbonden met het humanistische, politieke betoog over de 'hemel op aarde'. De gewone mens, die deel uitmaakt van de harmonische wereldbeweging, is uiteindelijk voorbestemd tot het scheppen van samenwerking en vrede. De taak van de geleerde is de mensen deelgenoot te maken van dit inzicht.







Het Fysisch Laboratotium rond 1920. Zittend van rechts naar links: Minnaert, P.H. van Cittert, W.H. Julius, L.S. Ornstein en W.J.H. Moll.
Linksboven Lily Bleeker van de latere instrumentenfabriek.

"Terwijl de overige schepselen een naar de aarde gebogen gestalte en houding hebben, gaf de natuur de mens een opgerichte houding,
om de hemel te aanschouwen en zijn gelaat naar de sterren te wenden..."

OVIDIUS

MINNAERT

De man van wetenschap

De 'beginsituatie' van 1918

Minnaert maakt in Utrecht deel uit van een gemeenschap van fysici en astronomen die twee opwindende decennia tegemoet gaat. Russell en Hertzsprung brengen in 1913 in een diagram gegevens bijeen over spectrum en lichtkracht van de sterren, wat het mogelijk maakt de ze te groeperen naar temperatuur en omvang. Tezelfdertijd ontstaat Bohrs quantummechanisch atoommodel. Dat blijkt de steen van Rosette voor het geheimschrift van de Fraunhoferlijnen: de donkere strepen en banden in het spectrum van zon en sterren. Die lijnen zijn absorptielijnen die overeenkomen met sprongen in de baanenergie, quanta, van elektronen. Uit Saha's werk (1920) blijkt dat de waargenomen verscheidenheid in de sterrenspectra niet het gevolg is van uiteenlopende scheikundige samenstelling maar van verschillen in temperatuur. Een kwantitatieve analyse van de sterspectra kan in principe inlichtingen geven over temperatuur, druk, dichtheid, scheikundige samenstelling en dynamiek in de buitenste regionen van de sterren. In 1925 komt Eddington met een 'model' voor de inwendige bouw van sterren.

De moderne astrofysica wordt rond 1920 geboren: de kwantitatieve analyse van de sterspectra en hun ontcijfering met behulp van de quantummechanica is een essentieel bestanddeel van de voortgang. De studie van de zon, als naaste ster, is baanbrekend voor het begrip van de sterren. Het werk van Minnaert en zijn medewerkers zal daarbij een sleutelrol spelen.

Het Fysisch Laboratorium: Julius en Ornstein

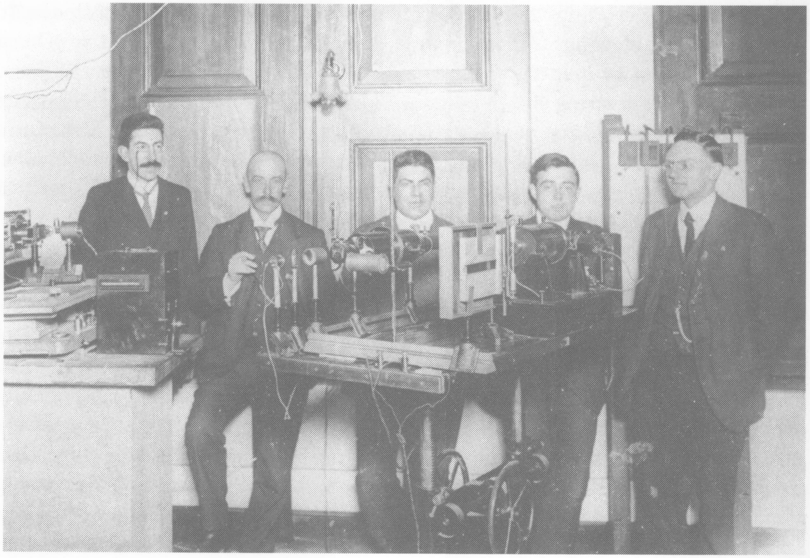
Twee instrumenten speelden de hoofdrol bij de vooruitgang van kennis van de spectra. In de eerste plaats de telescoop met spectrograaf, en in de tweede plaats de fotometer die het verloop van de zwarting van de Fraunhoferlijnen op een fotografische plaat kan omzetten in een kwantitatieve grootheid. Het Fysisch Laboratorium had twee troeven in handen.
De eerste troef dankte dit laboratorium aan de zonnefysicus W.H. Julius (1860-1925), die sinds de eeuwwisseling betrokken was bij een mondiaal debat over de verklaring van de zonneverschijnselen. Zijn theorie van 'abnormale straalbreking' stond een tijdlang tegenover Einsteins benadering. Om de eigen theorie te staven liet Julius in Utrecht een zonnetelescoop met spectrograaf inrichten; in 1918 de derde van de wereld. Minnaert kan nog helpen bij het operationeel maken, en doet in 1919 samen met P.H. van Cittert de eerste waarnemingen voor Julius. Minnaert onderschrijft de hypothese van zijn nieuwe

ONREGELMATIGE STRAALKROMMING

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN **DOCTOR IN DE WIS- EN NATUURKUNDE** AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS DR. H. F. NIERSTRASZ, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE, VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT, TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE TE VERDEDIGEN OP MAANDAG 6 JULI 1925, DES NAMIDDAGS 3 UUR, DOOR

DR. MARCEL GILLES JOZEF MINNAERT,
GEBOREN TE BRUGGE (VLAANDEREN).

ELECTR. DRUKKERIJ „DE INDUSTRIE" J. VAN DRUTEN – UTRECHT
1925



Met Moll, Ornstein en H.C. Burger bij de microfotometer.

leermeester, wijdt er zijn tweede dissertatie, *Onregelmatige straalkromming* (1925), aan en voltooit Julius' *Zonnefysica* (1925-'28) na diens dood. In het proefschrift schrijft Minnaert over Julius: "De geestdrift, die U voor de studie der zonnephysica bezielde, hebt Gij ook aan mij weten mede te deelen, en het zal mijn streven zijn, in Uw geest verder te werken." Begin jaren twintig krijgt Minnaert de leiding over het 'Heliofysisch Instituut' van het Fysisch Laboratorium.

De tweede troef dankte het laboratorium aan W.J.H. Moll, een begenadigd instrumentalist die in 1901 door Julius was aangetrokken. Deze ontwierp een automatische registreertechniek voor fotografische spectra: de microfotometer. Molls toestel maakt het mogelijk de zwarting van fotografische platen nauwkeurig door te meten. De fotometers van Moll staan in de jaren twintig en dertig centraal in de onderzoeksprogramma's van Ornstein èn van Minnaert.

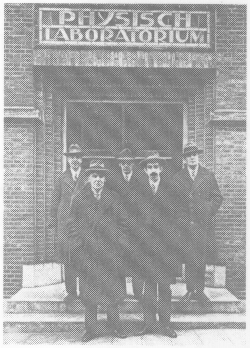
Ornstein (1880-1941) formuleert het in 1921 voor Curatoren aldus: "Het ligt in de bedoeling de microfotometrische afdeeling uit te breiden, teneinde andere instituten te helpen bij dit werk waarvoor thans een groote ervaring en een buitengewoon fraai instrument aanwezig is en zoo ons laboratorium tot een internationaal centrum voor photometrisch onderzoek te maken." Vijftien jaar lang staat het Laboratorium vooraan in het moderne onderzoek: bij Ornstein door het toetsen van controversen in de quantumtheorie aan fotometrisch bepaalde intensiteitsverhoudingen van spectrale lijnen en bij Minnaert door fotometrisch onderzoek aan de met de spectrograaf opgenomen Fraunhoferlijnen.

In de jaren twintig neemt Minnaert als zonnefysicus deel aan astronomische activiteiten. De astronoom A.A. Nijland had, samen met Julius, Utrecht tot het centrum van de Nederlandse eclipsexpedities gemaakt. Dat wordt door Minnaert voortgezet (1926: Sumatra, 1927: Lapland, 1929: Sumatra). Tijdens de zonsverduistering treedt enkele seconden lang een *flits* op; buiten de scherpe zonsrand wordt een purperrood laagje zichtbaar. In Lapland slagen Pannekoek en hij er als eersten in zo'n flitsspectrum te fotometreren. Het vormde de basis voor het eerste kwantitatieve onderzoek van de chromosfeer, en zou lange tijd een veelgeciteerde bron blijven.

Met Pannekoek (baard)) en W. Bleeker in Lapland.

Het Heliofysisch Instituut (1919-'37)

Minnaert is van meet af aan betrokken bij de pogingen het zonnespectrum kwantitatief te interpreteren. Hij werkt aan de ijking van fotografische spectra via een platina trapverzwakker waardoor het kwantitatieve meten aan spectra wordt verbeterd. Hij introduceert de *equivalente breedte*, het oppervlak van de met de fotometer waargenomen intensiteitskromme, als kwantitatieve maat voor de hoeveelheid licht die door een Fraunhoferlijn wordt weggenomen. Hij ontdekt de *groeikromme*. Minnaerts verhaal:



Eclipscommissie KAW voor Sumatra (1926): met C.J. Gorter, J. van der Bilt, W.R. van Wijk, Minnaert en G.P. Kuiper.

"Hoewel we het prachtige werk van Russell bewonderden, vond ik het nodig om de schattingen van de Rowlandschaal te vervangen voor de beter gedefinieerde 'equivalente breedte' en om uit te vinden hoe die stijgt als het aantal atomen toeneemt. We vonden in 1929 een curve voor de blauwe regionen van het spectrum en in 1930 een min of meer gelijksoortige curve voor het groene deel. Deze krommen hadden een merkwaardige buiging, en zagen er onbegrijpelijk uit. We hadden toen het geluk dat Schütz in 1930 een soortgelijke kromme had gevonden in laboratoriumspectra. Ik vroeg Mulders dat artikel te bestuderen om te zien of dit van toepassing was op ons geval, en hij dacht dat het er hoopvol uitzag. De volgende dagen waren erg opwindend: we rekenden van de ochtend tot de avond en kregen de eerste theoretische 'groeicurven' voor de zon. (..) Dit is het verhaal van wat ik de 'groeikromme' (1934) heb gedoopt; een term die herinnert aan mijn vroegere studie in de biologie. De analyse van het zonnespectrum met behulp van de 'groeikromme' leidt zowel tot de bepaling van 'abondanties', de aantallen atomen van bepaalde elementen, als tot die van andere fundamentele eigenschappen van de zonne-atmosfeer. Ze zijn ontelbare malen toegepast bij de analyse van sterrenspectra. Het is een goed voorbeeld om duidelijk te maken hoe de zonnefysica het veld exploreert en openlegt voor de astrofysica."

Begin jaren dertig is 'Minnaert' een gevestigde naam in de astronomische wereld. Opnieuw Minnaert: "In 1936 ging Mulders naar het Mount Wilson Observatorium om er de platen op te nemen voor onze *Photometrische Atlas* van de zon, terwijl Houtgast een gewijzigd, zelfgemaakt instrument ontwierp, met gekoppelde microfotometer, dat directe intensiteitsmetingen geeft. (..) Elke plaat is een donkere band, waarin een aantal dunne, heldere lijntjes voorkomen. De plaat wordt nauwelijks bekeken, ze gaat direkt in de mikrofotometer, een verfijnd instrument dat met een naaldscherpe lichtbundel de plaat aftast en automatisch elk der Fraunhoferlijnen registreert als een smallere of bredere vallei. Voor de Utrechtse fotometrische atlas van het zonnespektrum hebben de opnamen een totale lengte van 13 meter, de registreringen zijn 120 meter lang . (..) We werkten meestal 's nachts omdat de microfotometer dan vrij was. Je was dan alleen in het gebouw, in de stilte van een donkere kamer, in het saaie rode licht, om te ontwikkelen. En daar kwam het dan langzaam tevoorschijn, uit het niets, als bij toverslag verscheen het profiel van de cyaanband op papier, of de atmosferische zuurstoflijnen; nog nooit eerder waargenomen in hun ware, kwantitatieve gedaante."

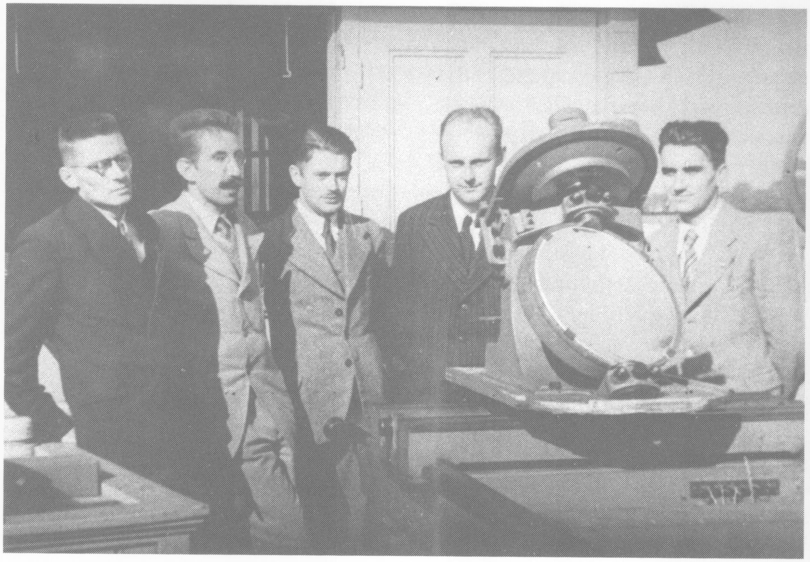
Geholpen door een wisselende groep uitnemende studenten en promovendi zoals Mulders, Wanders, Bannier, Van der Meer en Houtgast, ontwikkelt Minnaert tussen 1925 en 1940 de theorie van de vorming van de spectrale lijnen in het zonnespectrum. Dank-

Dr. MARCEL GILLES JOZEF MINNAERT

door H. M. de Koningin bij besluit van 16 Juni 1937, No. 16 benoemd tot buitengegewoon Hoogleeraar in de Sterrekunde aan de Rijks-Universiteit te Utrecht, zal op **Maandag 18 October 1937, des namiddags te 2 uur,** in het Groot-Auditorium zijn ambt aanvaarden met het houden eener redevoering in de Nederlandsche taal, tot bijwoning waarvan alle belangstellenden door Rector en Senaat worden uitgenoodigd.

M. Minnaert

Mulders, Minnaert, Houtgast, Van der Meer en de Italiaan Righini bij de zonne-opstelling (1934).



zij dit werk groeit Utrecht in de woorden van de Duitse zonnefysicus A. Unsöld uit tot *een wereldcentrum voor spectrofotometrie, lijnintensiteiten en zonnefysica*. In mei 1940 komt het tweetalige *The Photometric Atlas of the Solar Spectrum* tot stand; in het Engels en Esperanto. De *Atlas* draagt tientallen jaren bij aan het onderzoek van het zonnespectrum. In 1951 krijgt Minnaert daarvoor de *Bruce Medal*, de hoogste prijs voor astronomen.

Minnaerts 'onderzoeksprogramma' (1937-'63)

Als de astronoom Nijland, hoogleraar-directeur van de Utrechtse Sterrewacht, overlijdt, wordt, na het ingrijpen van Ornstein bij het Curatorium, het Heliofysisch Instituut in 1937 de kern van een vernieuwd *Sterrekundig Instituut*. In *De betekenis der Zonnephysica voor de Astrophysica*, de oratie van 18 oktober 1937, ontvouwt Minnaert zijn 'onderzoeksprogramma'. De studie van de Zon, een ster dicht bij huis, zal inlichtingen verschaffen over de astrofysica: 'zo krijgt de zonnephysica haar wijder doel'. Hij noemt in dit verband drie wezenlijke aspecten. Ten eerste is de hoeveelheid straling van de zon op aarde immens veel groter dan die van andere sterren. Uit de spectra van de zon is een schat van gegevens over de steratmosferen te halen. Vandaar de *Atlas*, die de gedetailleerde lichtverdeling in het gehele zonnespectrum moet weergeven.

Ten tweede is de zon als enige ster voor ons een schijfje van eindige grootte, zodat het waarnemen aan segmenten van de zonneschijf mogelijk is. De studie van lagen materie op toenemende diepte van de zonnedampkring draagt bij tot de kennis van sterren. Ook noemt Minnaert hier corona en chromosfeer, zonnevlekken en protuberansen; hij wijst op de theoretische vraagstukken rond de magneetvelden en de dynamica van de zonnematerie.

Ten slotte kunnen alleen bij de zon de planeten bestudeerd worden. Die studie geeft informatie over de geschiedenis van het zonnestelsel, wat van algemene betekenis is voor de geschiedenis van de sterren. Elders schrijft hij: "Ons programma is, de overstelpende veelheid der zonneverschijnselen tot een eenvoudige grondslag terug te brengen."

De *Sterrewacht* op Sonnenborgh wordt verbouwd ten koste van een deel van de hoogleraarswoning, die op 10 mei 1940 voortijdig betrokken wordt om een goed beheer te garanderen. Er ontstaat een modern onderzoeksinstituut met Julius' zonnetelescoop en spectrograaf, een door Houtgast verbeterde fotometer, een mechanische werkplaats en een uitgebreide bibliotheek. In de oorlog wordt, met medewerking van de onderduikers, een begin gemaakt met een tijdrovende routine-opgave: de 'equivalente breedten' van alle curven in de *Atlas* worden uitgemeten. Dertig jaar routinewerk resulteert in samenwerking

De Sterrewacht.

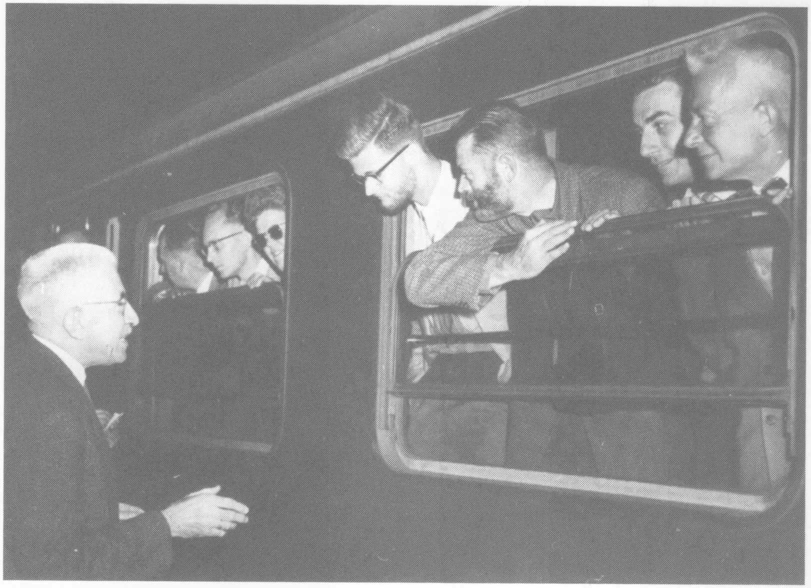
De werkgemeenschap bij het eeuwfeest in 1953 met achter de tafel: Truus van Stigt, Houtgast en De Jager. Geheel links: Hubenet. Geheel rechts: Zwaan en N. van Straten.

met Charlotte Moore-Sitterly van het Amerikaanse *Bureau of Standards* in *The Solar Spectrum* (1966); een kwantitatieve beschrijving van het fotografisch waarneembare zonnespectrum.

In de loop van de jaren vijftig en zestig zal Minnaert niet langer bijdragen aan baanbrekend werk; daartoe stimuleert hij zijn promovendi. Zijn wetenschappelijke werk verschuift naar samenvattende, historiserende en compilerende bijdragen. Het overzicht *40 jaar zonnespectroscopie*, Minnaerts bijdrage aan het bij zijn emeritaat in 1963 georganiseerde symposium *The Solar Spectrum*, is daarvan een voorbeeld. Zo is hij vijftien jaar lang secretaris van de *KNAW*-commissie die de wetenschappelijke uitgave van het werk van de Brugse banneling Simon Stevin bezorgt. Hij schrijft over de geschiedenis van de astronomie en van de Sterrewacht, over Huygens en Galileï. Hij krijgt drie eredoctoraten (Heidelberg, Moskou en Nice) en een half dozijn erepenningen aangeboden. Hij aanvaardt het lidmaatschap van tal van buitenlandse verenigingen en akademies. Hij presideert commissies van de *International Astronomical Union*, en is tot in zijn laatste levensuren bezig met de naamgeving van objecten aan de achterzijde van de maan.

De laatste jaren doet hij optisch onderzoek naar de gesteldheid van de maanbodem. Hij schrijft: "Met spanning wachten we op de eerste waarnemingen ter plaatse: de eerste monsters van gesteenten, het eerste onderzoek naar maanbevingen, de eerste waarnemingen van eventueel vulkanisme, de eerste boringen. Te weten hoe de maan gebouwd is zal ons helpen begrijpen hoe het planetenstelsel is ontstaan en hoe de aarde gevormd is." Voor de media is hij in 1969 een bezielend commentator bij de landing van mensen op de maan.

Als hij in 1970 overlijdt, valt de geschiedenis van de zonnespectroscopie samen met zijn levensverhaal.



Eclipsexpeditie naar de Canarische Eilanden (1959) met rechts o.a. M. Kuperus en De Groot.

Hij begint zijn zonnewerk met de wet van Saha, trouwt als hij het 'flitsspectrum' fotometreert, krijgt kinderen als hij internationaal doorbreekt met de 'groeikromme', is gijzelaar terwijl zijn *Atlas* bewondering oogst en hij gaat met emeritaat als zijn promovendi Heintze, Hubenet en De Jager met het *Utrecht Reference Model of the Solar Atmosphere* het standaardmodel voor de zonne-atmosfeer van de jaren zestig hebben voorgesteld.

De astrofysicus Jesse L. Greenstein (Mount Wilson Observatory) schreef bij Minnaerts emeritaat in 1963: "In de astrofysica leiden de door jou ontwikkelde methoden inmiddels een lang leven. De *Atlas of the Solar Spectrum* is de standaard waarmee we alle sterren van het zonnetype vergelijken, en de daar verzamelde gegevens zijn fundamenteel voor ons begrip van normale en bijzondere sterren. De theoretische technieken voor de analyse van de

'Werkbespreking' uit 1962 met o.a. Van den Heuvel, Schadee en Anne Underhill.

'groeicurve' hebben veel te danken aan jouw pionierswerk."
Bij de verlening van het eredoctoraat aan de Universiteit van Nice, in februari 1970, zei de astronoom J. C. Pecker: "Minnaert wist op het moment dat dat nodig was het zonne-onderzoek twee fundamentele gereedschappen ter hand te stellen: spectra die goed genoeg waren om kwantitatief bruikbaar te zijn; en een theorie die voldoende uitgewerkt was om een kwantitatieve betekenis te hebben en te kunnen dienen als interpretatiekader voor de spectra. In die tijd waren er drie mensen in de wereld die datgene hebben gefundeerd wat de kwantitatieve analyse van het heelal zou gaan uitmaken, drie mannen die de zon als het ware in hun reageerbuis hebben gedaan: Russell in de VS, Unsöld in Duitsland en Minnaert in Utrecht. Ten opzichte van de beide anderen karakteriseert het werk van Minnaert zich door zijn praktische gerichtheid, door het gemak waarmee het toegepast kon worden en toch verbonden met voldoende wetenschappelijke houvast. Unsöld was misschien het strengst wetenschappelijk, Russell het meest algemeen; maar het was waarschijnlijk Minnaert die, meer dan de twee anderen, de weg opende naar wat heden die wezenlijke tak van de astrofysica is geworden."

Minnaert als theoreticus

In *De sterrekunde en de mensheid* (1946) legt Minnaert uit wat een 'theoreticus' is, en daarbij zal hij zichzelf gespiegeld hebben: "Boeken, tabellen en tijdschriften: grafieken; rekenschuif; schrijfmachine. Uit een bewerking van de metingen die de helderheidsverdeling over de zonneschijf weergeven, heeft de theoretisch-astrofysicus afgeleid dat er nog een onverklaard verschil met de bestaande theorie overblijft. Voorzichtig beproeft hij aan te voelen hoe men onze voorstelling omtrent de dampkring der zon zou moeten wijzigen om een betere aansluiting te krijgen; zijn fantasie speelt heen en weer, aan alle kanten ziet hij moeilijkheden, één mogelijkheid schijnt nog open. Hij berekent nu kwantitatief, welke de gevolgen zouden zijn van de nieuwe onderstelling. Dat berekenen geschiedt meestal met letters, aan het eind pas worden die vervangen door de bekende getallen en ziet men of de uitkomst aan de verwachtingen beantwoordt. Dikwijls zijn de pogingen heel wat keren te herhalen eer een bevredigend resultaat bereikt is. Onze theoreticus moet voortdurend de ontwikkeling der moderne natuurkunde volgen even goed als die der sterrekunde; de wiskunde is het gereedschap dat hij vlot leert hanteren. Van alle astronomen heeft hij het ruimste overzicht van het geheel."
Minnaert zit als 'theoreticus' ongetwijfeld dicht op de huid van de waargenomen verschijnselen.Veel lezers zullen dit niet specifiek het werk van een 'theoreticus' noemen, maar meer dat van een feno-

Promotiediner van Van de Hulst (1946) met links het echtpaar Oort en aan weerszijden het echtpaar Minnaert.

Bij de zonne-opstelling.

menologisch ingesteld onderzoeker. H.G. van Bueren, één van Minnaerts opvolgers in Utrecht, noemt deze instelling geheel in overeenstemming met de traditie van de toenmalige natuurkunde te Utrecht, zoals die in het spectroscopische werk van Ornstein en medewerkers tot uiting kwam. De ontwerpers van de quantumtheorie maakten met vrucht gebruik van de zeer betrouwbare, nauwkeurige en systematische Utrechtse experimenten voor de bevestiging of falsificatie van hun hypothesen.

Ook H.C. van de Hulst, die zowel Minnaert als Oort als leermeester had, is van mening dat Minnaert steeds probeerde een probleem "zo elementair mogelijk te begrijpen". Karakteristiek noemt hij de ontmoeting in 1946 in Chicago van twee astrofysische reuzen, Chandrasekhar en Minnaert:

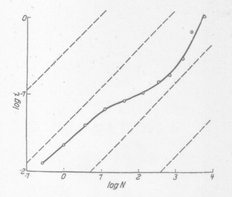
"Ik herinner me nog levendig hoe Chandra en Minnaert elkaar ontmoetten op Yerkes. Het was op een mooie zomeravond. Ik zat in de bibliotheek. Minnaert was juist aangekomen om een zomercursus te geven, en hij nam de rijen boeken door. Toen kwam Chandra binnen, en even later ging het gesprek over het onderwerp van Minnaerts lezingen: de spectrofotometrie van planeten.

Minnaert had kort tevoren een methode ontdekt om de homogeniteit van de atmosferen van planeten te bepalen: het vergelijken van de fotometrische gegevens van twee punten op het planeetoppervlak met behulp van het reciprociteitsbeginsel. Chandra was ook op de reciprociteit gestoten in recent werk over stralingstransport, en dus ontstond er een levendige discussie. Ik zat rustig te luisteren, en kreeg de indruk dat beide mannen, hoewel ze erg beleefd waren, elkaar niet echt begrepen. Toen kwam het moment dat ik me levendig herinner. Minnaert hield zijn linkerhand in de lucht als het planeetoppervlak, en één vinger van zijn rechterhand wees daarop als was die een binnenvallende lichtstraal. Hij zei: 'Laten we het op de eenvoudigste manier bezien.' Chandra keek naar die vinger, maar zijn brein werkte heel anders. Want een minuut later zag ik hem met zijn vinger wijzen naar het lege tafeloppervlak, alsof het bedekt was met vergelijkingen, en hij zei: 'Het is toch heel eenvoudig, niet? Deze matrix is symmetrisch.' Beide experts deden een beroep op 'eenvoud' als paspoort naar wederzijds begrip. Maar zij hadden het kennelijk niet over hetzelfde soort 'eenvoud'. Ik heb later vaak aan dit gesprek gedacht en in mijn eigen werk probeer ik doelbewust aan te tonen dat hetzelfde probleem vaak op verschillende, volledig gelijkwaardige manieren kan worden benaderd."

Harmonie a posteriori

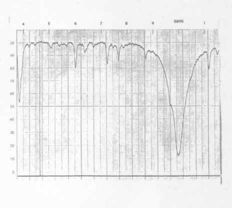
Minnaert vond het merkwaardig dat grote ideeën gelijke tred houden met hun toepassing: "Sedert de Zon wetenschappelijk bestudeerd wordt is het gebleken dat de grote ontdekkingen der natuurkunde telkens hun toepassing vinden in de Kosmos; het is alsof ze op een wonderbaarlijke wijze altijd geschieden op het ogenblik dat we voor raadselen stonden die onoplosbaar leken." De sterrenkunde gaf hem dan ook volop reden voor voluntarisme en optimisme! Zijn jeugdige hypothese omtrent de harmonie van de wereld werd bevestigd: "Om te begrijpen wat zich afspeelt op een schaal van honderdduizenden kilometers, moet men teruggaan tot de bouwstenen waaruit die reusachtige massa's zijn opgebouwd, en die minder dan een biljoenste van een millimeter groot zijn. In deze samenhang openbaart zich de harmonie van de natuur, die mikrokosmos en makrokosmos verenigt tot één samenklank."

De astronomie leverde Minnaert kennelijk het fundament voor zijn opvatting a priori over 'de harmonie van de wereld'.

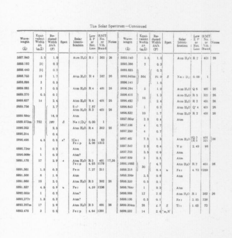


Afb. 6.3: De eerste groeikromme van de Zon. (Minnaert en Van Asselbergh, 1929)

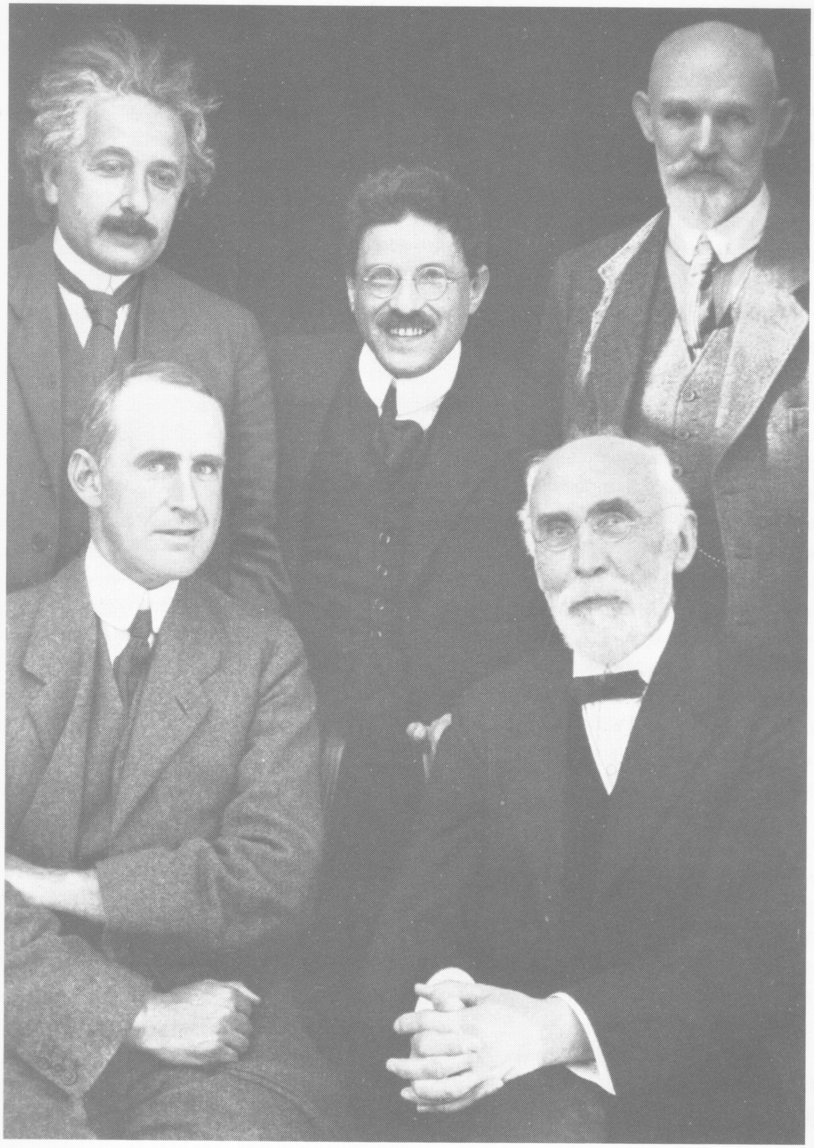
1929: de 'equivalente breedte' tegen de 'abondantie'.



1940: enkele centimeters van de dertien meter in de zonne-atlas.



1966: de zonne-atlas uitgemeten en gereviseerd.



"When I heard the learn'd astronomer,

when the proofs, the figures,

were ranged in columns before me,

when I was shown the charts and diagrams,

to add, divide, and measure them,

when I sitting heard the astronomer

where he lectured with much applause

in the lecture room,

how soon unaccountable I became tired and sick,

till rising and gliding out I wander'd off by myself,

in the mystical moist night-air,

and from time to time,

look'd up in perfect silence at the stars."

WALT WHITMAN

Paul Ehrenfest tussen (met de klok mee) Albert Einstein, Willem de Sitter, Hendrik A. Lorentz en Arthur S. Eddington.

De didacticus

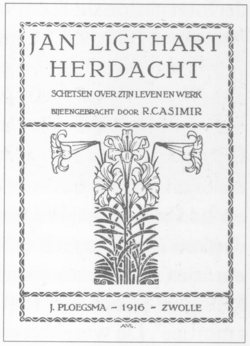
De Ehrenfesten

Minnaert gaat in het cursusjaar 1915-'16 voor bijscholing naar het Mekka van de fysica: Leiden. Hij wordt opgenomen in de kring rond de fysicus Paul Ehrenfest en het studentendispuut *Christiaan Huygens.* Hij observeert de docenten: "De werkelijk imponerende figuur was toch Ehrenfest. (..) Nooit heb ik meer iemand ontmoet die de theoretische natuurkunde zo helder kon uitleggen. En merkt wel: deze helderheid werd bereikt, niet door een kunstmatige vereenvoudiging, of door het weglaten van alles wat dieper doordenken vergde; maar door het volkomen dóórlichten van het probleem. (..) Lorentz beheerste inhoud en vorm op klassieke wijze, in keurig Nederlands, met goed opgebouwde zinnen gaf hij aan de toehoorders de indruk dat alles geheel begrijpelijk was, en men meende het inderdaad begrepen te hebben. Maar thuisgekomen slaagde men er dikwijls niet meer in, de grote lijnen van het betoog te herhalen. Ehrenfest daarentegen was één en al beweging, zijn betoog was doorspekt met Duitse woorden, die er elke stijfheid aan ontnamen. Het wemelde van de grapjes en schilderachtige vergelijkingen; maar die waren nooit oppervlakkig en dienden steeds om tot het volle begrip te komen. Het betoog leek soms op een worsteling maar de overwinning werd behaald en de weg die daarbij gevolgd was vergat men niet meer."

Minnaert ontmoet de wiskundige Tatyana Ehrenfest-Afanasjeva: "Ehrenfest en zijn echtgenote hadden onvergetelijke indrukken aan hun verblijf in Göttingen, waar Felix Klein de belangstelling voor de didactiek op een zeer hoog peil had gebracht (..) Mevrouw Ehrenfest wist met vrouwelijke intuïtie de studenten te ontdekken die didactische belangstelling hadden, hetzij onder de leden van *Christiaan Huygens* hetzij onder de leerlingen van haar man. Weldra wist zij een groepje te vormen dat geregeld bij haar aan huis kwam voor besprekingen over het onderwijs van de meetkunde. Onder haar leiding begonnen we aan de 'stamboom' van de meetkundige stellingen. Deze nieuwe aanpak van de elementaire wiskunde greep ons onmiddellijk aan: hier was een belangwekkend logisch vraagstuk om over na te denken, maar hier lag tevens de sleutel om het schoolprogramma te vereenvoudigen. (..) Ik herinner mij nog hoe het aanvankelijk als heiligschennis in mijn oren klonk, toen ik hoorde beweren dat de logische methode van Euklides van psychologisch standpunt bezien als heel slecht moet worden beschouwd, omdat de leerling in het begin helemaal niet gissen kan waar men naar toe wil. Zo bracht mevrouw Ehrenfest ons tot het juiste inzicht in de aard van de axioma's, liet zij ons zoeken naar een passend axiomatisch stelsel, en overtuigde ons ervan dat de axioma's aan het eind van de cursus en niet aan het begin moesten komen. (..) *Ik geloof dat we toen begrepen dat een oorspronkelijke gedachte op didactisch gebied even belangrijk kan zijn als een wetenschappelijke ontdekking.*"

"Door haar, en ook door haar man, ontwaakte in Nederland de belangstelling voor onderwijs en didactiek. Beiden waren ze vol bewondering voor Jan Ligthart, de geniale schoolmeester, die in de arme wijken van Den Haag de grondslag had gelegd voor het moderne onderwijs."

Minnaerts leidsvrouwe in de didactiek: Tatyana Ehrenfest-Afanasjeva (1904).



Onderwijsvernieuwing

Minnaert maakt dus deel uit van die kleine groep pioniers in de natuurkundedidactiek, waartoe ook Ph. Kohnstamm behoort. Als hij in 1916 in Gent natuurkunde gaat doceren is daar geen practicum; en dat is er evenmin in het lager en middelbaar onder-

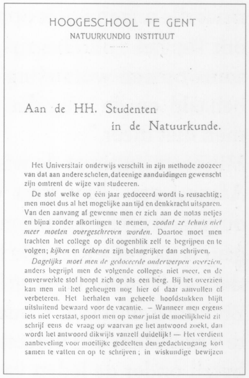
wijs. Hij raakt overtuigd van de noodzaak om op alle niveaus van het natuurkunde-onderwijs het experiment een belangrijker rol te laten spelen, en de zelfwerkzaamheid te vergroten. In *Natuurkunde in leerlingenproeven* (1924) staat zijn credo: "Er was eens een tijd, toen men aan de kinderen de natuur leerde kennen uit teekeningetjes op het bord of in een boek: dat was de natuurkunde met krijt en spons. Daarna kwam een tijdperk, waarin als voornaamste eigenschap van goed onderwijs de aanschouwelijkheid werd geprezen. De leeraar voert voor de klas een proef uit, en alle kinderen mogen die bewonderen, zoo goed en zo kwaad als dat van verren mogelijk is. (..) Sedert Ligthart, Kerschensteiner, Montessori, is de leuze van de school geworden: zelfwerkzaamheid! En een schaar geestdriftige mannen en vrouwen hebben met opofferende toewijding dit beginsel verkondigd, toegepast en uitgewerkt. In dit teeken ontwikkelde zich de natuurkundige leerlingenproef."
Minnaert komt door zijn leerlingenproeven op de *humanitaire* Engendaalschool (1908) te Soest - net als de Minnaerts gehuisvest op de kolonie 'Chreestarchia' van Felix Ortt en Lodewijk van Mierop - in aanraking met de beweging voor vernieuwing van het onderwijs: *De Nieuwe Opvoeding*. Op de eerste jaarvergadering in november 1927 is behalve Kees Boeke ook de Duitse dr Elisabeth Rotten aanwezig, lid van de Internationale Raad van *The New Education Fellowship* (NEF). Zij bezoekt volgens het verslag "de (inmiddels gestarte) opleidingscursus van de vereniging waar zij ondermeer lessen bijwoonde van dr M.G.J. Minnaert die in het teken stonden van *Natuurkunde en zelfwerkzaamheid door leerlingen*".
Deze NEF werd na de Eerste Wereldoorlog opgericht en had als doelstellingen 'de ontwikkeling van zelfdenken in plaats zich te laten meeslepen door massaemoties' en 'het accentueren van geestelijke ontwikkeling in plaats van het benadrukken van materiële ambities'. De wereldvrede had alleen kans van slagen

Bij de intrede van Minnaert als docent natuurkunde in Gent werd een bibliotheek voor de Faculteit Wiskunde en Natuurkunde opgericht.

indien opvoeding en onderwijs de gezindheid van de mensen zouden veranderen; de opvoeding moest dan ook in het teken staan van vrede en samenwerking tussen de volkeren. Prominente voorlieden van de onderwijsbeweging zoals Kees Boeke, Cor Bruijn, Felix Ortt, Lodewijk van Mierop, Paul Ehrenfest, Tatyana Afanasjeva of Marcel Minnaert hadden een ernstige levenswijze gemeen: vegetarisme, geheelonthouding, niet-roken, rein leven en pacifisme waren normaal.

Natuurkunde in leerlingenproeven

Minnaerts proeve in de didactiek, *Natuurkunde in leerlingenproeven*, begint met een dankwoord: "U vooral wil ik hier dank zeggen, mijne vrienden te Soest, die jaren lang op onze Zondagsche bijeenkomsten de wording van dit werkje hebt meegemaakt, en mij zoo trouw geholpen hebt om de moeilijkheden te ontdekken en te overwinnen; gij hebt tijd en arbeid gegeven; met roerende opoffering kocht gij van eigen penningen de noodige hulpmiddelen; in uwe vriendelijke, eenvoudige Engendaalschool is thans aangetoond hoe men met geringe middelen toch een voortreffelijk onderwijs der natuurkunde kan verwezenlijken." Oud-leerlingen van 1920 zoals Hans Littooij en Nanda Ortt getuigen nog hoe Minnaert,



HOOGESCHOOL TE GENT
NATUURKUNDIG INSTITUUT

Aan de HH. Studenten
in de Natuurkunde.

Het Universitair onderwijs verschilt in zijn methode zoozeer van dat aan andere scholen, dat eenige aanduidingen gewenscht zijn omtrent de wijze van studeeren.

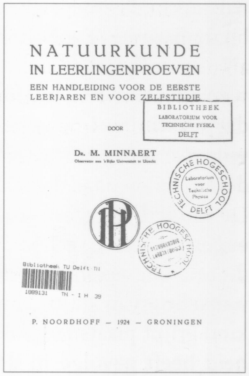
De stof welke op één jaar gedoceerd wordt is reusachtig; men moet dus al het mogelijke aan tijd en denkkracht uitsparen. Van den aanvang af gewenne men er zich aan de notas netjes en bijna zonder afkortingen te nemen, *zoodat ze tehuis niet meer moeten overgeschreven worden*. Daartoe moet men trachten het college op dit oogenblik zelf te begrijpen en te volgen; *kijken* en *teekenen* zijn belangrijker dan schrijven.

Dagelijks moet men de gedoceerde onderwerpen overzien, anders begrijpt men de volgende colleges niet meer, en de onverwerkte stof hoopt zich op als een berg. Bij het overzien kan men uit het geheugen nog hier of daar aanvullen of verbeteren. Het herhalen van geheele hoofdstukken blijft uitsluitend bewaard voor de vacantie. — Wanneer men ergens iets niet verstaat, spoort men op *waar* juist de moeilijkheid zit schrijf eens de vraag op waarvan ge het antwoord zoekt, dan wordt het antwoord dikwijls vanzelf duidelijk! — Het verdient aanbeveling voor moeilijke gedeelten den gedachtengang kort samen te vatten en op te schrijven; in wiskundige bewijzen

MINNAERT

gewapend met draadjes en batterijen, er natuurkundeles gaf: hoe hij de wip op het schoolplein benutte voor de mechanica en hoe hij de opdracht gaf 'zoveel mogelijk draden door het oog van een naald te steken'. De klaslokalen zijn er ingericht voor twaalf leerlingen. Minnaert: "De klas, die ik mij aldus werkend voorstel, bestaat uit hoogstens 20 tot 25 leerlingen. Met een grooter aantal kan men geen goede uitslagen verkrijgen, – voor de natuurkunde evenmin als voor de andere vakken..."
Hij richt zich ook tot "de jongens en meisjes die houden van natuurkunde, die door eigen knutselen en proeven nemen willen aanvullen wat op school wordt geleerd. Ik houd van hen, ik weet hoe ze door hun huisgenooten worden uitgelachen en naar den zolder worden verbannen; hoe dapper ze sparen om zich toestelletjes te koopen; hoe menigmaal ze raad moeten halen uit verouderde, onbenullige boekjes; maar ook hoe hun oogen schitteren in de vreugde van het eerste succes, dat alle moeite en alle getob doet vergeten! Ik houd van jullie, jonge ontdekkers!".
Minnaert laat zien hoe hardnekkige, doelgerichte verzamel- en handenarbeid met wat hulp van de plaatselijke timmerwerkplaats en handige ouders, een instrumentarium van 'natuurkundige' materialen kan opleveren. Het sparen van metalen plaatjes, brillenglazen, magneetjes, spijkers, touw, spiraalveren, eindjes kaars, spiegeltjes, sigarendoosjes, naalden, karton en kurken brengt een wonder teweeg. "Al die waardeloze dingen veranderen in allernuttigste hulpmiddelen zoodra ze hun plaats in de kast hebben gevonden."
Uit de geschetste proeven blijkt weliswaar dat er reageerbuizen, bekerglazen, glasbuis, kolfjes en rubberen slangen nodig waren. Gratis was het niet, maar de kosten waren gering. *Men zou de onderwijzers en de kinderen op de basisscholen van 1998 toewensen dat ze met zo'n Minnaert-practicum zouden kunnen werken.*

Minnaert: "Het kind moet zelf rechtstreeks in aanraking komen met de natuur; het wil niet alleen de dingen zien, goed zien, maar het wil ze voelen, ruiken, hooren van nabij; 'zijn' proef moet het worden! Dan pas wordt de spierzin geoefend, het belangrijkste onzer zintuigen, en in duizenden nieuwe ervaringen leeren wij hoe onze bewegingen inwerken op de dingen om ons heen. Daarom moet iedere leerling zijn eigen toestelletje hebben, waar hij aan bouwen en wijzigen kan volgens het spel zijner verbeelding, en den eisch van zijn gezond verstand; een toestel waar hij metingen mee kan uitvoeren, opdat de cijfers voor hem leven zouden krijgen. Zoo kan iedere les een heerlijk uur worden van ontdekkingsvreugde."
Hij wijst op ervaringen in het buitenland met 'gelijktijdige leerlingenproeven': "Zoo groeit vanzelf de lust tot samenwerking dat edel, echt menschelijk gevoel, van zulke onschatbare waarde voor het leven en de maatschappij." De gelijktijdige leerlingenproef is de grondslag voor het onderwijs in de natuurkunde; wederzijdse coöperatie is immers Minnaerts ideaal.
Hij draagt ook ontwikkelingspsychologische argumenten aan, die pleiten voor natuurkunde-onderwijs vanaf zes jaar: de feiten die het kind zelf ervaart zijn gemakkelijker te vatten dan abstracties; het kind moet zijn schat aan herinneringsmateriaal nog vergaren en kan later daaruit putten; het kind heeft de behoefte tot proeven nemen: "Ik heb een jongetje van zes jaar een uur lang zien onderzoeken wat de kleinste helling was die men aan een karton geven moest om er een potlood af te doen rollen. Twee kleine meisjes speelden even geduldig op een balkon met een ineengefrommelde krant, gehangen aan het uiteinde van een lang touw, en onderzochten daarbij de gedempte slinger- en valbewegingen. Zouden de meeste kinderspelen wel iets anders zijn dan uitmuntende reeksen natuurkundige proeven?"
Hij zal levenslang pleiten voor het aansluiten van het

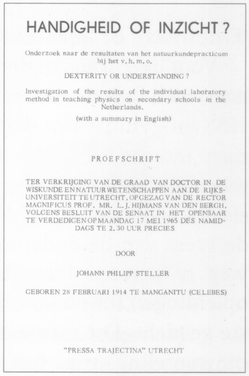

NATUURKUNDE
IN LEERLINGENPROEVEN
EEN HANDLEIDING VOOR DE EERSTE LEERJAREN EN VOOR ZELFSTUDIE

DOOR

Dr. M. MINNAERT
Observator aan 's Rijks Universiteit te Utrecht

BIBLIOTHEEK LABORATORIUM VOOR TECHNISCHE FYSIKA DELFT
TECHNISCHE HOGESCHOOL Laboratorium voor Technische Physica DELFT
TECHNISCHE HOOGESCHOOL NATUURKUNDIG LABORATORIUM
Bibliotheek TU Delft TN
1889131 TN - I H 39

P. NOORDHOFF – 1924 – GRONINGEN


HANDIGHEID OF INZICHT ?

Onderzoek naar de resultaten van het natuurkundepracticum bij het v.h.m.o.

DEXTERITY OR UNDERSTANDING ?

Investigation of the results of the individual laboratory method in teaching physics on secondary schools in the Netherlands.

(with a summary in English)

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN DE WISKUNDE EN NATUURWETENSCHAPPEN AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS PROF. MR. L.J. HIJMANS VAN DEN BERGH, VOLGENS BESLUIT VAN DE SENAAT IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP MAANDAG 17 MEI 1965 DES NAMIDDAGS TE 2.30 UUR PRECIES

DOOR

JOHANN PHILIPP STELLER

GEBOREN 28 FEBRUARI 1914 TE MANGANITU (CELEBES)

"PRESSA TRAJECTINA" UTRECHT

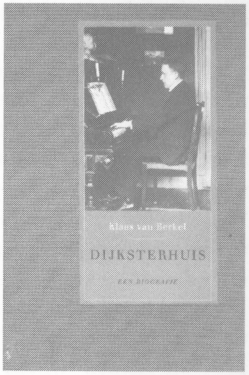
In 1965 promoveerde leraar J.P. Steller bij Minnaert op de leerlingenproef in het natuurkunde-onderwijs.

natuurkunde-onderwijs bij de dagelijkse dingen en bij de natuur: “De buitenschoolse ervaringen zou ik als uitgangspunt en ook als eindpunt willen beschouwen. Met andere woorden: nadat wij een natuurkundig verschijnsel op school behandeld hebben, gaan wij weer terug tot de techniek en de natuur. De kinderen zullen deze dan anders zien dan voorheen. (..) De kinderlijke geest groeit door het waarnemen en experimenteren, geleid door het onderwijs, wanneer dit tenvolle aansluit bij de dagelijkse dingen. De ontwikkeling van de natuurkundige begrippen bij het kind grijpt plaats langs dezelfde wegen die de mensheid heeft gevolgd in de loop der eeuwen. (..) Wij moeten de overheid ervan overtuigen, dat natuurkunde niet te onderwijzen is met *boeken*. Als wij over de levende natuur willen spreken op de lagere school, moeten wij onderdelen van die natuur in de klas hebben: planten, een aquarium, enz. Evenzo moet de natuurkundige de voornaamste fysische verschijnselen in de klas kunnen vertonen.”
Men zou thans willen toevoegen dat deze natuurkunde evenmin te onderwijzen is met *computers*.

'Empirisch' of 'epistemisch' onderwijs

Voor deze didactische uitgangspunten heeft Minnaert zich ingezet. In het natuurkunde-onderwijs op HBS en gymnasium domineerde destijds de deductieve uiteenzetting van de leerstof, soms gelardeerd met een enkele demonstratieproef door de amanuensis. En op de lagere scholen bleef de vraag actueel hoe de vrees van de onderwijzers voor de natuurkunde weg te nemen. Juist daarom achtte Minnaert de opleidingen tot onderwijzer en leraar van het grootste gewicht. Die moesten de hefbomen zijn voor de omwenteling van het traditionele natuurkunde-onderwijs. In die opvatting staat Minnaert in het Interbellum niet alléén; vooraanstaande fysici, chemici en astronomen zoals Ehrenfest, Kohnstamm, Pannekoek, Kruyt, Zernike, Coster en Fokker pleiten dan voor een grotere rol voor het experiment en voor de zelfwerkzaamheid.
In de jaren twintig zet ook een tegenovergesteld streven in. Een groep leraren onder aanvoering van de wiskundigen Dijksterhuis en Beth maakt zich dan sterk voor een deductief opgezet middelbaar onderwijs in de wis- en natuurkunde, waarbij elke bewering zonder beroep op aanschouwelijkheid uit algemene regels kan worden afgeleid. Dijksterhuis onderscheidt een empirisch weten op grond van ervaring en herinnering èn een epistemisch weten op grond van onderlinge samenhang van feiten en abstracties. Het epistemisch onderwijs verplichtte de leerling zich rekenschap te geven van gebruikte termen, formules en methoden, en zou hèt selectiemiddel zijn voor de universiteit.

Deze twee richtingen raken meermalen slaags. Op de grens van wis- en natuurkunde wordt gevochten om de zeggenschap over ‘mechanica’. Moet dat ingelijfd blijven bij de ‘epistemische’ wiskunde, een geliefd exploratieveld voor differentiaal- en integraalrekening, òf is mechanica een ervaringsleer die bij de natuurkunde hoort? Moet het logische denken worden ontdaan van zintuiglijke ervaringen, of wordt het denken gestimuleerd door ‘zelf waarnemen’ en ‘zelf doen’?
In 1928 heeft een confrontatie plaats. Een compromis tussen de commissies-Beth en -Fokker, opgericht voor het onderwijs in de wiskunde resp. de natuurkunde, wordt op een vergadering van de *Nederlandsche Natuurkundige Vereniging* afgewezen door Ornstein en Minnaert. Die pleiten met succes voor mechanica als experimenteel-fysische discipline. De NNV schrijft een *Adres* naar de minister: “De historische ontwikkeling heeft er in ons land toe geleid, dat de mechanica op de HBS meer als rationeele mechanica, veelal door de wiskundeleeraar, gedoceerd wordt. Wetenschappelijk is dit o.i minder wensche-



Twee recente boeken, die ingaan op de discussie over de aard van het natuurkunde-onderwijs in het Interbellum.

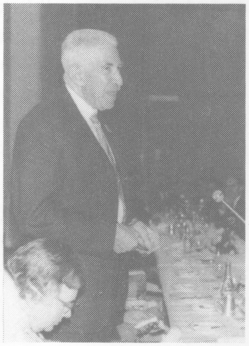
lijk immers de mechanica heeft zoals andere deelen der natuurkunde ook een sterk proefonder- vindelijk karakter. In het onderwijs behooren, zooals bij alle natuurwetenschappelijk onderwijs, deductie en inductie elkaar af te wisselen. Brengt men te veel de axiomatische, ab-stracte zijde naar voren, dan begaat men tevens de paedagogische fout, dat men niet aansluiting zoekt, bij datgene, wat de leerlingen het naaste ligt, nl. de ervaring."
Dijksterhuis verdedigt het axiomatische karakter van de mechanica met een beroep op de 'evidentie van de zuivere rede'. Minnaert opent dan een scherpe tegenaanval in het *Weekblad voor het Gymnasiaal en Middelbaar Onderwijs*: "De wiskundigen, die de mechanica als afzonderlijk vak willen handhaven, hoort men dikwijls betoogen, dat de mechanica toch op een geheel andere basis berust dan de natuurkunde, en dat haar stellingen af te leiden zijn uit grondaxioma's die ons door de rede zelf worden ingegeven. Niets is onjuister en gevaarlijker dan deze bewering! De 'beginselen' der mechanica zijn zoo weinig vanzelfsprekend, dat ze niet eens juist zijn! Het is niet waar, dat een snelheid u, samengesteld met een gelijkgerichte snelheid v, gelijk zou zijn aan een snelheid u + v; dat weten we uit de relativiteitsleer en de proef van Michelson. Het is ook niet waar, dat de versnelling van een lichaam evenredig is met de kracht die er op werkt; dit weten we uit de proeven van Bucherer en anderen met snelle electronen. De beginselen der mechanica zijn dus stellig geen waarheden a apriori." Minnaert verwijt Dijksterhuis een terugkeer naar de Middeleeuwen, "alsof men de natuur kon leeren kennen door alleen erover te theoretiseeren, op de wijze van Hegel die in zijn jeugd a priori beproefde te bewijzen dat er maar zeven planeten 'konden' zijn! De geschiedenis der mechanica is die van een proefondervindelijke wetenschap." De fysicus F. Zernike, de latere Nobelprijswinnaar, sluit zich onmiddellijk bij Minnaert aan. De pennenstrijd

College omstreeks 1940.

is scherp; de overwinning is aan de wiskundigen en aan de traditioneel ingestelde leraars. Pas twintig jaar later wordt dit pleit beslecht in het voordeel van de fysici.

'Cosmografie' of 'nieuwe koers'

Overigens loopt deze discussie over epistèmè en empeiría veertig jaar later voor de astronomen schrijnend af. Niet slechts mechanica, maar ook het vak 'cosmografie' was immers ten offer gevallen aan een axiomatisch-wiskundige benadering. Daarop was veel kritiek. In de woorden van Minnaert (1946): "Het onderwijs in de sterrekunde aan de middelbare scholen is lange tijd een klassiek voorbeeld geweest van de wijze waarop men een prachtige wetenschap door schoolvosserij kan verknoeien. De schoonheid van de sterrenhemel werd vervangen door een stelsel van cirkels en coördinaten, de stralende hemellichamen werden oefenobjekten voor de trigonometrie." Daartegenover zette Minnaert een nieuwe koers uiteen "die uitgaat van het hemelbeeld zoals we het



Afscheidscollege bij het emeritaat in 1963. Naast Minnaert mevrouw C. Moore-Sitterly.

zien" en waarin stap voor stap het moderne wereldbeeld wordt geconstrueerd: "De moderne astrofysica en de bouw van het heelal moeten centraal komen te staan."

Met de invoering van de *Mammoetwet* wordt 'cosmografie' geschrapt, juist vanwege de axiomatische traditie en een door de overheid wenselijke geachte inlijving bij natuurkunde. Ironie van het lot! Minnaert keert, ook met lobby's op het ministerie, de onderste steen boven: "De sterrekunde is fundamenteel onderscheiden van de natuurkunde en geheel zelfstandig. Het is een wetenschap van de geïndividualiseerde natuurverschijnselen, zoals de biologie, in tegenstelling tot de natuurkunde, die de meest algemene eigenschappen van materie en straling behandelt. (..) In de laatste jaren hebben vele leraren zich beijverd om de ouderwetse behandeling van het zonnestelsel te vervangen door een andere, die inzicht geeft in de grootsheid van de sterrenbezaaide hemel en de harmonie van de alom geldende natuurwetten. (..) In de gehele wereld is er een ontzaglijke belangstelling voor de Sterrekunde ontstaan. Wij die dachten, dat er alle moeite gedaan werd om de school dichter bij het leven te brengen! Wij die ons voorstelden, dat ieder ontwikkeld mens in grote trekken iets moet weten van de bouw van het Heelal, en van de plaats van de Aarde in dat Heelal. Wij, die weten dat men in een of twee jaaruren Sterrekunde-onderwijs, met een minimum dus aan tijd, een maximum effect bereiken kan; een belevenis die onze leerlingen voor goed zal bijblijven!"

Het is vechten tegen de bierkaai. Dertig jaar lang zal sterrenkunde van de lesrooster verdwijnen. Anno 1997 heeft politiek Den Haag met het goedkeuren van de *Tweede Fase* voor het Voortgezet Onderwijs feitelijk zijn afkeuring over de *Mammoetwet* uitgesproken. Dat de sterrenkunde zich in het nieuwe vak *Algemene Natuurwetenschappen* alsnog een plaats heeft verworven, zou Minnaert goed hebben gedaan.

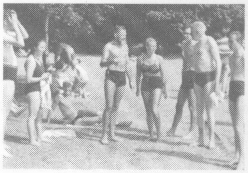
Docent 'didactiek en methodiek'

Eind jaren twintig neemt Minnaert in Utrecht de onbezoldigde colleges 'didactiek en methodiek van de natuurkunde' over van de thermodynamicus-pedagoog Ph. Kohnstamm. Vóór Kohnstamm en Minnaert had geen enkele universitaire docent of instantie de moeite genomen aanstaande leraars een speciale opleiding te geven! Er blijkt veel belangstelling voor die facultatieve colleges. Volgens een dictaat (1937-'38) van student U. Keller begint Minnaert zijn college met de stelling: *Leraren vormen een conservatieve massa, die de ontwikkeling van het onderwijs tegengaat.*

In dat college stelt hij dat het doel van het middelbaar natuurkunde-onderwijs niet mag zijn het opleiden van 'fysici': "Het onderwijs moet opleiden voor het leven, en niet voor de natuurkunde." Naast het practische nut van het vak in relatie tot de techniek en de natuurkundige verschijnselen in de vrije natuur formuleert hij indirecte doelen zoals 'geestelijke vorming'. Aspecten zijn dan het overdragen van attitudes en normen zoals 'de waarde van de waarheid', 'het vertrouwen in de rede', 'de eerbied voor de causaliteit in de natuur', 'de eerbied voor de arbeid', 'verantwoordelijkheidsgevoel bij leerlingenproeven', 'handigheid in het omgaan met materialen' en 'schoonheidsgevoel'. Hij waarschuwt tegen de idee dat 'overdracht' naar andere levensgebieden vanzelf zou gaan.

Het leeuwedeel van zijn college bestaat uit practijksituaties: het kunnen demonstreren, het leiden van leerlingenpractica en begeleiden van didactisch voordelige werkvormen, het analyseren en structureren van een les. Hij pleit voor proefnemingen als 'repetities' en voor 'huisproeven' als huiswerk. Hij gaat voor in het doen van experimenten in de vrije natuur. Hij benadrukt kwalitatieve *Denkaufgaben*, en bij het rekenen 'zin voor de orde van grootte' van een uitslag. Hij behandelt boeken en tijdschriften, de relatie met

Werken aan de 'gemeenschap', wandelingen met staf en studenten: Soester Duinen, 1938.



Woestduin, 1955.

de wiskunde en de grensgebieden tussen fysica en chemie, astronomie, mechanica en meteorologie. Hij introduceert historische en filosofische werken. Hij verwijst niet naar de algemene pedagogiek van collega M.J. Langeveld.

Een universitaire leergang voor leraren

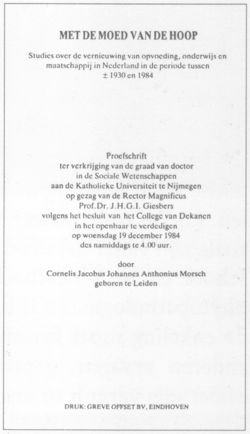
Omgekeerd wel. De astronoom H.C. van de Hulst herinnert zich dat hij in die tijd als student het college van Langeveld over 'de psychologie van de leraar' bijwoonde: "Langeveld behandelde daar de typologie van Ludwig Klages en gaf voorbeelden bij de verschillende typen. Bij *die Wille zur Verständlichkeit der Welt* zei hij: 'Dat is nou Minnaert' Hij heeft de absolute wens de wereld te begrijpen, en staat afwijzend jegens alles dat haar het mystieke zweemt."

Als Minnaert hoogleraar is geworden, neemt de fysicus G. Frederik zijn college over. Minnaerts bemoeienis met de didactiek verschuift naar de realisatie van een universitaire leergang voor leraars. Tijdens Ornsteins rectoraat (1931-'32) ontstond, wellicht op aandringen van Minnaert, 'een samenwerkingsverband tussen de faculteit van de letteren en wijsbegeerte èn die der wis- en natuurkunde, om te onderzoeken of een speciale opleiding tot leraar in het leven geroepen kon worden'. Eind jaren dertig functioneert in Utrecht een opleiding 'didactiek voor leraars', die bestaat uit het volgen van een college didactiek en methodiek van het gekozen vak plus een college pedagogiek. Daarnaast drie maanden hospiteren voor twee schooltijden per week plus eventueel het leiden van een practicum. Er is een commissie ingesteld met een hoogleraar wiskunde, natuurkunde, scheikunde, dierkunde en plantkunde, waarin de docenten didactiek en methodiek een adviserende stem hebben. Er is een bureau van administratie voor de stages waarin de voorzitter van de commissie wordt bijgestaan door twee vertegenwoordigers van de studenten. Dat was pionierswerk: *Utrecht* stond daarmee in het land vooraan.

In april 1941 wijdt *Vernieuwing*, het blad van de *Werkgemeenschap voor de Vernieuwing van Opvoeding en Onderwijs*, sinds 1935 de Nederlandse afdeling van de *New Education Fellowship*, een themanummer aan deze universitaire leraarsopleiding.

Minnaert behandelt *De rol van het hoger onderwijs bij de opleiding der leraren.* Een goede leraarsopleiding vereist volgens hem samenwerking tussen het hoger en middelbaar onderwijs. Het middelbaar onderwijs toont het leven van de klasse vanuit het standpunt van de aanstaande leraar: "Hij krijgt te horen hoe een ervaren leeraar les geeft en mag dit zelf ook eens proberen; hij helpt bij het opstellen der demonstratieproeven; hij maakt kennis met de problemen van orde en tucht, met het verbeteren van huiswerk, hij krijgt kijk op de menselijke kant van het vak en komt er misschien toe de aktiviteit van de school als geheel te overzien." Het hoger onderwijs moet de leraar het verband tonen tussen de middelbare schoolwetenschap en de zuivere wetenschap. Ook moet zij studenten leren hoe wetenschap 'populair' in te kleden, hoe fundamentele gedachtengangen naar voren te halen. De leraar dreunt niet de geijkte schoolwetenschap op, maar past "zijn elementair onderwijs in essentie en in vorm grondig aan bij de nieuwere ontwikkelingen der wetenschap". Ook reikt de universiteit denkbeelden aan voor de vernieuwing van het onderwijs op pedagogisch en didactisch gebied: "Het schijnt mij van het grootste belang dat de aanstaande leraar, voor hij geheel wordt ingelijfd in het strak georganiseerde systeem der schoolinrichting eerst een beeld voor ogen krijgt van mooi, modern onderwijs, dat levensvreugde brengt en schoonheid. (..) Ik verlang dat hij dit ideale beeld voor zich zal zien, nog voor hij zijn loopbaan aanvangt; als een zonnige gave van zijn jeugd zal hij het ontvangen, in de periode van zijn leven waarin hij het vatbaarst is voor alle

Vignet van de WVO.


MET DE MOED VAN DE HOOP

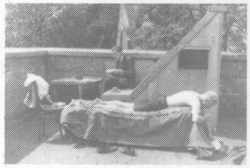
Studies over de vernieuwing van opvoeding, onderwijs en maatschappij in Nederland in de periode tussen ± 1930 en 1984

Proefschrift
ter verkrijging van de graad van doctor
in de Sociale Wetenschappen
aan de Katholieke Universiteit te Nijmegen
op gezag van de Rector Magnificus
Prof.Dr. J.H.G.I. Giesbers
volgens het besluit van het College van Dekanen
in het openbaar te verdedigen
op woensdag 19 december 1984
des namiddags te 4.00 uur.

door
Cornelis Jacobus Johannes Anthonius Morsch
geboren te Leiden

DRUK: GREVE OFFSET BV, EINDHOVEN

Proefschrift van C.J.J.A. Morsch (1984) over de WVO.



H.C. van de Hulst (rechts) en W.J. Claas: onderduikers op het dak van de Sterrewacht (1944).

idealen. Gebrek aan bezieling is gevaarlijker dan onervarenheid!"

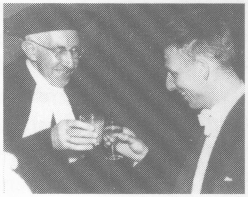
Een persoonlijke vermaning

De pleidooien in dezen van Minnaert cum suis worden gehonoreerd door het *Koninklijk Besluit* van 28 augustus 1952, bekrachtigd in 1955, dat verplicht tot een universitaire pedagogisch-didactische opleiding voor leraars op de wijze van Utrecht. Deze 'verzwaring' brengt boze reacties teweeg bij studenten die het leraarschap louter als vluchtweg willen openhouden, en vinden dat een minimale inspanning toereikend moet zijn voor het leraarsambt. Tot hen richt Minnaert in de zomer van 1956 een *Persoonlijk woord* in *Sol Iustitiae*: "In alle onderdelen van het maatschappelijk leven zijn de wetenschap en de systematische voorbereiding meer en meer een rol gaan spelen. (..) De landbouwer bewerkt zijn veld niet meer zoals zijn vader het deed; hij gaat naar de landbouwschool en leert landbouwchemie, erfelijkheidsleer, phytopathologie. Zo is het nu ook in het onderwijs: de enkeling moet kennis nemen van wat door vele anderen ervaren, geprobeerd en gedacht is. Het onderwijs vervult in onze maatschappij een zo centrale en vitale funktie, dat we ons niet meer kunnen permitteren die op goed geluk te bedrijven zonder systematische voorbereiding. En dit is a fortiori waar voor de natuurwetenschappen en de wiskunde, die een zo snelle ontwikkeling doormaken dat een voortdurend herzien en moderniseren van de onderwijsstof volstrekt vereist is, wil de vooruitgang der wetenschap kunnen doorgaan. Dit aanhoudend verbeteren van de leermethode en van de leerstof is alleen mogelijk als de beste didactici hierbij leiding geven; het kan niet van de individuele, alleenstaande leraar verwacht worden. (..) We mogen er trots op zijn dat juist de vorm, die zich te Utrecht ontwikkeld had, door het Ministerie is overgenomen en tot alle Universiteiten uitgebreid. (..) Er wordt thans veel gesproken over de maatschappelijke taak der Universiteit. Het komt er nu op aan, die belangstelling in daden om te zetten. Jarenlang heeft iedereen gezegd dat het werkelijk nuttige van de leraarsopleiding bestaat in het hospiteren; wanneer het echter aankomt op *doen*, maken studenten juist bezwaar tegen dit onderdeel der opleiding omdat het tijd kost. (..) Studenten van de Faculteit der Wis- en Natuurkunde! Het land heeft leraren in de natuurwetenschap dringend nodig. Een prachtige loopbaan van grote maatschappelijke betekenis ligt voor U open. Mogen wij verwachten, dat gij U daartoe zult aangetrokken voelen? Zijt gij voornemens U daarop voor te bereiden?"

Minnaertprijs voor de didactiek

In de verhalen over Minnaert komt steevast naar voren hoe zorgvuldig hij zijn lessen voorbereidde, hoe voorbeeldig zijn bordgebruik en zijn tekeningen waren, en hoe hij de gave had om gecompliceerde zaken terug te brengen tot de eenvoudige kern. *Meer Lorentz dan Ehrenfest*, denkt de schrijver dan.
H. Brugmans, historicus en mede-gijzelaar: "Ik herinner me nog uit het kamp zijn lezing *Waarom is de hemel blauw?* Wat Minnaert en mij samenbond was onze bezieling de wetenschap uit te dragen naar een groot publiek. En je zag hem af dat hij geleerd had voor een breed, Vlaams publiek zaken uiteen te zetten. Ik heb dat in de arbeidersbeweging geleerd. Daar moet je moeilijke vraagstukken reduceren tot vatbare conclusies zonder te simplificeren. Je leert er de kern aangeven van wat je wilt overbrengen. Minnaert was een voortreffelijk popularisator."
P.J. Gathier, beleidsambtenaar bij O&W: "Het was in 1949; pal voor mijn doctoraal. Minnaert werd door de directrice van de meisjes-HBS benaderd omdat er een wiskunde-invaller nodig was. Minnaert: 'Dat is dan een fantastische ervaring voor U.' Op mij kwam dat over als: je mag dit niet voorbij laten gaan. Ik heb

Sterrekundig prakticum oktober 1942. Vóór de man met de bril in het midden: Van Bueren.



Met Gathier bij diens promotie in 1955.

Met Chriet Titulaer.

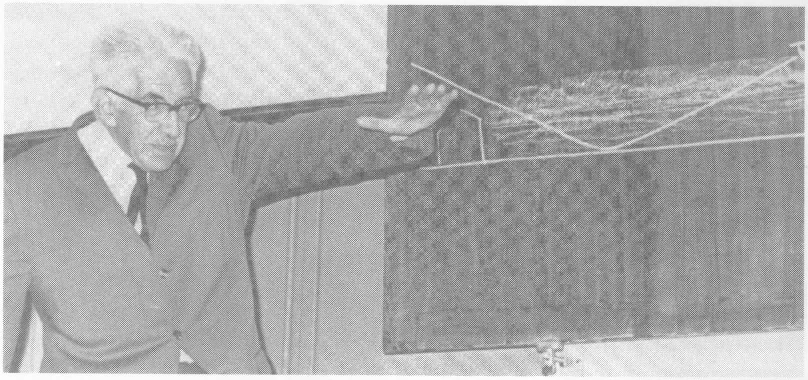
MINNAERT

later op het Bussums Lyceum als jong leraar samen met de Duitse instrumentenfabriek *Phywe* een natuurkundecursus uitgewerkt met leerlingenproeven."

H.G. van Bueren, astronoom en fysicus: "Toen ik direct na de oorlog in Utrecht terugkwam, was ik niet van plan weer sterrenkunde te gaan studeren; de fysica trok mij meer aan. Minnaert bleek echter zo'n enthousiast docent te zijn dat niemand van de fysici daar tegenop kon. Als didacticus was hij onovertroffen, en als propagandist voor zijn vak al evenzeer. Het sterrenkundig practicum was daar een uitvloeisel van. Wat Minnaert deed was astronomen *maken*. Hij maakte de mensen bezeten van de liefde voor het vak. Zo je wilt was dat zijn 'school'. Zelfs de zwakkere broeders en zusters raakten er door dat practicum van overtuigd dat ook zij sterrenkunde moesten gaan studeren."

E.P.J. van den Heuvel, astronoom: "Zijn colleges waren fantastisch. Ik kwam op mijn zestiende naar Utrecht, en van Minnaert had ik nog nooit gehoord. Zijn colleges: dat was genieten. Zo glashelder, met ingehouden enthousiasme gebracht, perfect voorbereid, en met een uitstekend collegedictaat. Toen ik in 1957 aankwam was hij al 63, maar in zeer goede conditie: een wat gebogen, lange man met dik, kort, rechtopstaand, grijs haar. Een mooie man om te zien; alles aan hem was harmonisch en echt - dat voelde je als student. Hij had altijd mooie dia's bij elk college en gebruikte nooit aantekeningen. Wat ons verblufte waren de perfecte cirkels die hij in één gebaar op het bord tekende. Als hij op één van de eerste colleges zo'n cirkel tekende, hoorde je in de zaal een zucht van verbazing opgaan."

C. Zwaan, astronoom: "Minnaert had een bijna priesterlijke opvatting van het onderwijs: het moest voorzien in het heil van het wetenschappelijk inzicht. Dat verklaarde zijn gedrevenheid inzake onderwijs en didactiek: die boodschap moest worden verspreid. Het volk moest deelgenoot worden van wetenschappelijke inzichten."

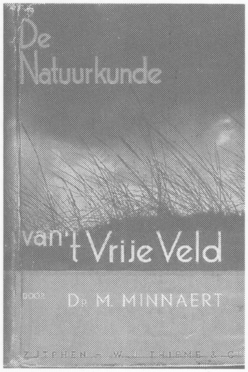


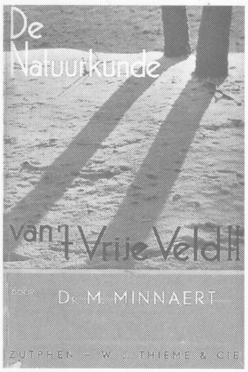
In actie. Foto: Johan Degewey.

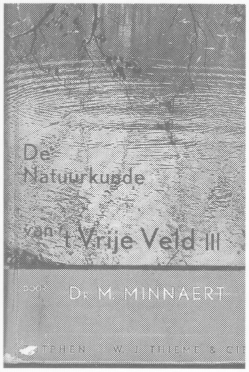
Minnaert schreef en dacht dus niet slechts over didactiek; hij bracht het ook zelf in praktijk. Hij was vanaf de oprichting in 1950 een actief lid van de *Werkgroep-Natuurkunde* van de *Werkgemeenschap voor de Vernieuwing van Opvoeding en Onderwijs*. Deze werkgroep bestaat nog steeds en is de grondlegger van de 'Woudschotenconferentie' (1966-heden), de jaarlijkse bijeenkomst van natuurkundeleraren.

Op de conferentie van 1987 is de tweejaarlijkse Minnaertprijs voor de natuurkundedidactiek ingesteld en voor het eerst uitgereikt aan natuurkundedocent Henk Mulder vanwege diens grote verdiensten voor de ontwikkeling van de natuurkundeproef. Voorzitter Th. Wubbels motiveerde daar de naamgeving als volgt: "Professor Minnaert is in de jaren vijftig één van de mede-oprichters van de *Werkgroep-Natuurkunde* geweest. Wij achtten het voor de naam van de werkgroep beter wanneer hijzelf geen voorzitter zou zijn. In de praktijk was hij echter de grote stimulerende kracht achter de werkgroep. Door de naam van Minnaert aan een prijs te verbinden, willen wij zijn verdiensten voor de werkgroep en de ontwikkeling van de natuurkunde-didactiek eren."

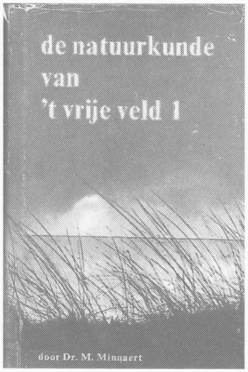
Henk Mulder zei toen in zijn dankwoord: "Minnaert toonde een grote gevoeligheid voor de raadsels waartussen wij ons bewegen en een onuitblusbaar genoegen in de analyse ervan."

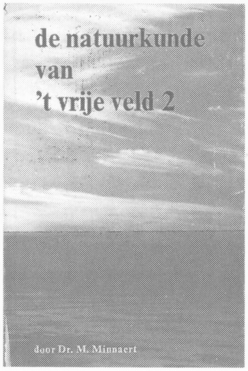


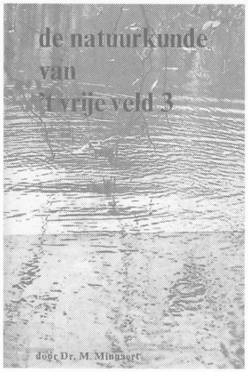




1937 - '40







1968 - '72; 1996

"Now I see the secret of the making of the best persons,

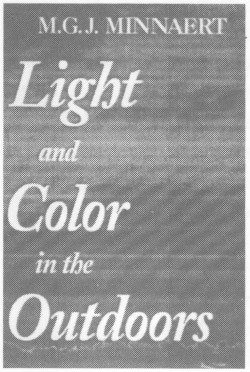
It is to grow in the open air and eat and sleep with the earth."

"Nature is rude and imcomprehensible at first,

Be not discouraged, keep on, there are divine things well envelop'd,

I swear to you there are divine things more beautiful than words can tell."

WALT WHITMAN



1993

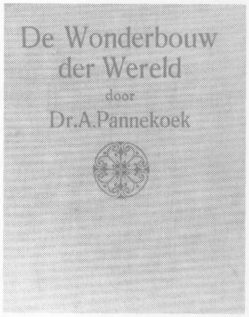
1993

De Natuurkunde van 't Vrije Veld

De Wonderbouw der Wereld

In 1917 publiceert de astronoom Anton Pannekoek *De Wonderbouw der Wereld*, dat 'de grondslagen van ons sterrekundig wereldbeeld populair uiteenzet'. Pannekoek knoopt aan bij de eigen waarneming van de lezer, om hem vervolgens in te wijden in de ontwikkeling van de opvattingen over het zonnestelsel. Hij illustreert zijn teksten zelf. In de 'Inleiding' schrijft hij dat de sterrenkunde ons "eenvoudige wetten leert kennen die den loop der wereld beheerschen en die in de rijkste veelvuldigheid van bewegingen in het heelal te voorschijn treden". En over zijn methode: "Ons doel is uit de eenvoudige waarneming der verschijnselen om ons heen trapsgewijs en logisch ons wereldbeeld op te bouwen. (..) Zoo maakt toch het eigen waarnemen de wetenschap tot iets levends, tot een wereld, die wij persoonlijk uit eigen aanschouwing kennen. En zeker zal ieder, die op deze manier geleerd heeft uit den loop der sterren de groote wetten van het heelal af te leiden en hun beteekenis voor onze, voor zijn eigen wereldbeschouwing te leren kennen, deze sterren voortaan met geheel andere oogen aanzien." Voor de actieve communist, die Pannekoek in 1917 was, dient dit tevens een politiek doel: "Steeds grootere volksmassa's stijgen op uit het traditionele geloof hunner vaderen tot een wetenschappelijke opvatting van de wereld. (..) Willen zij zich in den tegenwoordigen strijd der wereldbeschouwingen goed oriënteeren, dan moeten zij zich ook van den werkelijken bouw van het heelal een helder begrip vormen."

Als Minnaert in 1960 spreekt op Pannekoeks begrafenis, noemt hij hem "onze grote leermeester en dierbare vriend". En inderdaad is Pannekoek hem voorgegaan in het beeldend en enthousiasmerend schrijven over de natuur, in liefde voor het waarnemen en in het uitdragen van de 'wetenschappelijke wereldbeschouwing'. Pannekoek publiceert in 1917 als het ware *De Sterrenkunde van 't Vrije Veld*. Hij moet Minnaert geïnspireerd hebben bij de conceptie van diens magnum opus.

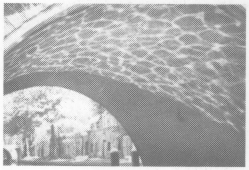


De Natuurkunde van 't Vrije Veld

Bij de start van het TV-programma *De Jonge Onderzoeker*, haalde Minnaert herinneringen op aan eigen waarnemingen: "In het begin van mijn studententijd heb ik een hoop plezier beleefd aan de proefjes over het licht. Proefjes die ik zelf nam, thuis, met geen andere hulpmiddelen dan een paar stukjes glas, twee stukjes spiegel, spelden, papier, een gradenboog, een meetlatje, een drinkglas en een reageerbuisje. Honderden proeven heb ik daarmee uitgevoerd, veel en veel meer dan wat er in mijn natuurkundeboek stond. Het resultaat is geweest, dat ik mij in geen enkel gebied van de natuurkunde zo echt thuis heb gevoeld als in de optica." Dat was dus rond 1910; ook op andere gebieden van de fysica deed hij thuis waarnemingen. Bovendien was hij een verwoed wandelaar en natuurliefhebber, en was hij rusteloos bezig met botaniseren, observeren en noteren.

Omtrent 1920 moet bij Minnaert het idee ontstaan zijn om zijn waarnemingen van fysische verschijnselen in de vrije natuur systematisch te verzamelen, te catalogiseren èn te documenteren. Eind jaren twintig behandelt hij afzonderlijke onderwerpen op Volksuniversiteiten, en begin jaren dertig geeft hij een reeks lezingen: *Natuurkundige Waarnemingen in de Vrije Natuur*. Een dictaat uit 1933 van cursist M.H. de Jongh toont aan dat het boek in de kiem aanwezig is.

Op 16 november 1936 schrijft Minnaert uitgeverij Thieme: "Ik heb het handschrift voltooid van een boek waaraan ik verscheidene jaren gewerkt heb,



Het gerimpelde oppervlak van de Utrechtse gracht weerkaatst het zonlicht in een grillig netwerk van lijnen tegen 't gewelf van een oude brug.

getiteld *De Natuurkunde van 't Vrije Veld*, en zou gaarne met Uw firma in overleg willen treden betreffende een eventuele uitgave. De opzet van het werk is geheel oorspronkelijk: het is een verzameling natuurkundige waarnemingen, die zonder instrumenten in open lucht kunnen geschieden. De bedoeling is, te laten zien dat de natuurkundige even goed als de plant- of dierkundige vreugde aan de hem omgevende natuur beleven kan, en dat ook de belangstellende leek op dit gebied volop genieten kan.
De titels der hoofdstukken zijn: 'sport, spel, vervoermiddelen', 'stromend water', 'de vaste aarde', 'waaiende lucht', 'zomerwarmte en winterkoude', 'wolken, neerslag, ijs', 'de geluiden der natuur', 'licht en kleur in het landschap' en 'luchtelektriciteit en aardmagnetisme'.
Het boek is geschreven op een manier die het begrijpelijk maakt voor ieder, die middelbaar onderwijs genoten heeft en dit niet geheel en al vergeten is. Enkele kleine stukjes, hier en daar verspreid, zijn iets moeilijker, maar kunnen in kleine letter gedrukt worden en storen niet voor de samenhang van 't geheel. Anderzijds zijn er zo veel weinig bekende publicaties en oorspronkelijke waarnemingen van mijzelf in verwerkt, dat ook de vakman het naar mijn oordeel met belangstelling zal lezen. In deze tijd dat het onderwijs meer en meer belang gaat hechten aan de natuur, verwacht ik dat het verkocht zal worden aan leraren, schoolbibliotheken, openbare leeszalen, padvinderleiders, de lezers van *Hemel en Dampkring*, en alle amateur-meteorologen, de leden der *Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde*, de vrijwillige waarnemers van het Meteorologisch Instituut, physici, toeristen, geografen, enz. Lezingen die ik over dit onderwerp voor de Volksuniversiteiten te Amsterdam, Utrecht en Arnhem hield, hadden veel succes.
Het boek omvat een duizend bladzijden schrift, met naar schatting 250 woorden per bladzijde. Gemiddeld komt er op elke twee of drie bladzijden een lijncliché. (..) Betreffende honorarium ben ik tot alle inschikkelijkheid bereid. De rechten van vertaling in vreemde talen zou ik mij willen zien voorbehouden."
Op 18 november 1936 is er een principe-akkoord, en op 27 december 1936 wordt het contract getekend waarbij Minnaert zich voorbehoudt om de delen II en III elders te doen uitgeven als Thieme zou besluiten hiervan af te zien. Een jaar later verschijnt deel I, *Licht en Kleur in het Landschap*, dat gunstig wordt ontvangen. December 1937 wordt besloten tot het drukken van deel II; *Geluid – Warmte – Electriciteit*. Eind 1938

Fig. 56. Het ontstaan van de groene straal.

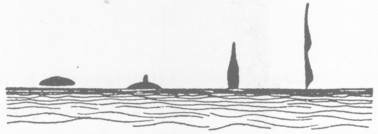

— 3 — 2 0 + 1 sec.
Fig. 54. De echte groene straal. De tijden zijn gerekend van het ogenblik van de zonsondergang. Naar D. P. Lagaaij.

Fig. 57. Het laatste segment vertoont opwaarts gebogen hoeken. Er is kans op het optreden van de groene straal!

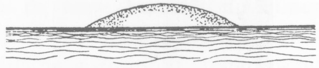


Fig. 53. Het groene segment.

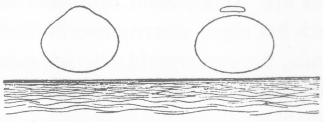


Fig. 58. Het ontstaan van de groene straal bij afsnoering van de bovenste delen der ondergaande zon.

Figuren bij 'De groene straal' in deel I. Zie de achterzijde van het omslag.

volgt een herdruk van deel I, en wordt deel III, *Rust en Beweging*, in productie genomen. Er is sprake van een Duitse vertaling, die door de uitgever wordt ontmoedigd vanwege een lagere verkoopprijs. In september 1939 krijgt Minnaert bericht dat er een Poolse vertaling van deel I is verschenen; op dat moment is in dat land de Tweede Wereldoorlog uitgebroken. De vertaling van deel I in het Engels wordt in 1939 ter hand genomen. November 1940 verschijnt deel III. Vier jaar koortsachtig werk aan drukproeven en aanvullende of verbeterde experimenten, aan intensieve correspondentie over foto's, opmaak, bijschriften en stofomslag, zit er dan op. In de herdrukken van de jaren veertig worden steevast passages verbeterd, verwijzingen bijgewerkt en suggesties van lezers verwerkt. Het boek is een commercieel succes.

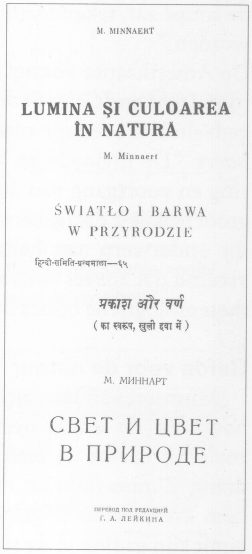
Een duurzame bron van inspiratie

In de jaren negentig, dus 80 jaar na de conceptie, verschijnen onder meer een eerste, vernieuwde Duitse en Finse uitgave van deel I. In 1993 verschijnt een verbeterde, Amerikaanse herdruk van deel I. In 1996 verschijnt bij Thieme in facsimile de uitgave van de drie delen van 1968-'72, die door Minnaert, en na zijn dood door de fysica Truus van Cittert-Eymers, is herzien. Het boek, vaak aangeduid met *Minnaert*, blijft de aandacht trekken. In Kijkduin wordt in 1996 een groots artistiek project voltooid door de Amerikaan James Turrell: een 'Minnaert'-duinkom. Architect Neutelings laat zich inspireren bij de conceptie en de vormgeving van het *Minnaert-gebouw*. Wat vinden de lezers in een boek dat al vier generaties meegaat?

Enkele opinies van gepassioneerde lezers kunnen dat verhelderen. Voor de astronoom Gathier is het de *hartstocht voor het 'verklaren' van verschijnselen*: "Ik las het boek als jongen. Onbegrijpelijk dat iemand zo scherpzinnig kan kijken, kan zoeken, en dan steeds die wil om te verklaren. Zo rationeel. Voor alles moest een verklaring zijn! Dat trof me in die boeken het meest. Je kunt eenvoudige dingen verklaren vanuit de theorie!"

Voor de wiskundige F. van der Blij is het *de auteur zelf*: "Het is geen systematisch, geen encyclopedisch, geen bedekkend boek. Centraal staat de gedrevenheid van de verteller, die interessante dingen meldt. Hoe komt het tot stand? Een natuurkundige leest al tientallen jaren in de wereldliteratuur. Hij leest veel. Hij streept allemaal dingen aan met potlood. Hij leest bijvoorbeeld *De groene straal* van Jules Verne. Bestaat er zoiets? Hij gaat ernaar zoeken, neemt waar, ziet dat zelf, schrijft erover. Sommige dingen dijen uit, andere niet. Hij heeft notities van zijn waarnemingen gemaakt; al tientallen jaren lang. Langzaam ontstaat er een persoonsgebonden compilatie. Neem de boeken over de plantengroei in Nederland. Er is een *Flora* van Heimans en Thijsse: daar staat alles overzichtelijk in. Maar neem bijvoorbeeld die drie delen *Wilde planten*: je gaat een weiland in, en je neemt waar, beschrijft, tekent. *Minnaert* is een *Wilde planten*. Door de persoonlijkheid van de schrijver is het nog steeds een intrigerend boek."

De astronoom/fysicus H.G. van Bueren legt een ander accent: "*Minnaert benadert de natuur op een wijze die ligt tussen die van de wetenschap en die van de kunst in.* Hij doet denken aan Ruskin en voor mijn part aan Goethe. Met schetsboek en pen gaat Minnaert voor de fysica aan de slag. De sfeer die hij oproept is uniek. Daarmee was hij een groot mens. De laatste van zijn generatie; de laatste der Mohikanen. Zijn drieluik doet me denken aan Burckhardt, aan Berenson. Hij was een *remnant* van dat verleden. Die sfeer legde hij neer in zijn schrijfwijze en in zijn boeken. Minnaert was artiest èn wetenschapsman. (..) Reizen met Minnaert in de trein was trouwens een vermoeiende zaak. We gingen samen naar Brussel. Overal zag hij dingen bewegen en veranderen, zag hij onderwerpen om te beschrijven. Terwijl hij in


M. MINNAERT

LUMINA ŞI CULOAREA ÎN NATURĂ

M. Minnaert

ŚWIATŁO I BARWA W PRZYRODZIE

हिन्दी-समिति-ग्रन्थमाला—६५

प्रकाश और वर्ण

(का स्वरूप, खुली हवा में)

М. МИННАРТ

СВЕТ И ЦВЕТ В ПРИРОДЕ

ПЕРЕВОД ПОД РЕДАКЦИЕЙ Г. А. ЛЕЙКИНА

Titelbladen van uitgaven in het Roemeens, Pools, Hindi en Russisch.

"Mijn schaduw valt op een gerimpeld wateroppervlak: ontelbare lichte en donkere stralen gaan van het hoofd uit."

de coupé zat, tekende hij… Zijn tijd kon niet verspild worden."

De Amerikaanse zonnefysicus W. Livingston die in 1996 *Light and Color in the Open Air* publiceerde, dat gedeeltelijk overlapt met het eerste deel van *Minnaert*: "De invloed van Minnaert op de popularisering en voortgang van de *Atmosferische Optica* is zo groot geweest dat de eerste speciale bijeenkomst over dit onderwerp aan hem werd opgedragen. Het is vreemd dat zoveel biografische notities zijn rol in de meteorologische optica over het hoofd zien."

Liefde voor de natuur

Minnaert verklaart zich nader in de inleiding: "Wie houdt van de natuur neemt haar verschijnselen waar zoals hij ademt en leeft; uit een aangeboren diepe drang. Zonneschijn en regen, warmte en koude zijn hem even welkome gelegenheden tot opmerken, hij vindt zijn gading in de stad en in het bos, in de zandvlakte en op de zee. Ieder ogenblik wordt hij getroffen door nieuwe en belangwekkende gebeurtenissen. Met veerkrachtige stap zwerft hij over de wijde landen, oog en oor klaar tot het opnemen van de indrukken die van alle kanten op hem aankomen, diep inademend de geur der lucht, voelend elk temperatuursverschil, met de hand soms strelend een struik langs de weg, om in nauwere aanraking te zijn met de dingen der Aarde. Zo voelt hij zich een mens in levensvolheid.

Denk niet dat de oneindig verscheiden stemmingen der natuur voor de wetenschappelijke waarnemer iets van hun dichterlijkheid verliezen: door de gewoonte van het opmerken wordt ons schoonheidsgevoel verfijnd, en rijker gekleurd de stemmingsachtergrond waarop zich de afzonderlijke feiten aftekenen. De samenhang tussen de gebeurtenissen, het verband van oorzaak en gevolg tussen de onderdelen van het landschap, maken een harmonisch geheel van wat anders slechts een aaneenschakeling zou zijn van losse beelden."

De fysica van 't vrije veld is een verrijking van het verrukkelijke, kleurrijke en concrete, omdat bewustwording en begrip áán het waargenomene een dimensie toevoegen. Wat de mens liefheeft, wil hij kennen en een naam geven. Minnaert kijkt naar de natuur met het verliefde oog van de veldbioloog:

"Onder 'natuurwaarneming' verstaat men gewoonlijk de bestudering van planten en dieren; alsof niet ook tot de natuur behoorden het schouwspel van wind en weer en wolken, de duizenden geluiden die de ruimte vervullen, de watergolven, de zonnestralen, de dreuningen der aarde! Zoals de biologen hun flora's en fauna's hebben, moeten de natuurkundigen in het bezit zijn van een wandel- en waarnemingsboek over alles wat er op hun gebied te zien is aan de 'levenloze' natuur in onze Nederlandse gewesten. (..) De betekenis van de open-luchtwaarnemingen voor het onderwijs in de natuurkunde is nog niet voldoende erkend. Zij helpen ons in het toenemend streven om ons onderwijs te doen aansluiten bij het leven: zij geven ons een natuurlijke aanleiding tot het stellen van duizenden vragen, en ze zorgen ervoor, dat hetgeen op school is geleerd later nog telkens en telkens ook buiten de schoolmuren wordt teruggevonden. Aldus wordt de alomtegenwoordigheid der natuurwetten als een steeds weer verrassende en indrukwekkende werkelijkheid ondervonden."

Deze passage verheldert dat *De Natuurkunde van 't Vrije Veld* onlosmakelijk verbonden is met Minnaerts opvattingen over didactiek en het uitdragen van de wetenschap. *Minnaert* is een didactische uiteenzetting van het fysische begrip van de natuur en haar dagelijkse verschijnselen.

Kaleidoscoop

Op de lezer maakt Minnaerts drieluik een kaleidoscopische en impressionistische indruk. Er zijn onderwerpen die lang uitlopen, en andere die

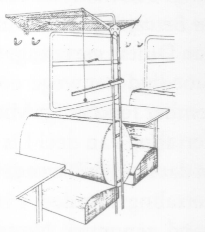


Fig. 20. Het meten van de versnelling van een trein.

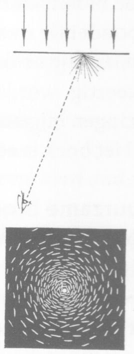


Fig. 134. Buiging van het licht door kleine krasjes op de ruiten.

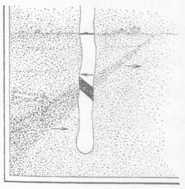


Fig. 45. Sporen van waterdruppels breken het licht als cylinderlenzen.

Enkele van de vele waarnemingen in treincoupés.

MINNAERT

kort worden afgedaan. Voor een onderwerp als 'olie op zee' gaan we via Benjamin Franklin tot naar de geschiedschrijving van Plinius. In extenso is een verslag opgenomen van een wandeling van Felix Ortt tussen Den Dolder en Huis ter Heide; hij beschrijft een windwervel, een 'dwarrelkringetje'. De grens tussen fysica en geografie wordt vaak overschreden, die tussen fysica en chemie nauwelijks. Meetkundige toelichtingen worden afgewisseld door pure beschrijvingen van wolkenvorming en zonsondergang; luchtige, poëtische verhalen door staccato stukjes; schilderachtige citaten volgen op zakelijk proza; dit alles verleent *Minnaert* een onberekenbare charme.

Het 'impressionisme' geldt ook voor de citaten. Vijf auteurs behoren tot de op afstand meest aangestipte. De inspiratie komt in de eerste plaats van Vaughan Cornish, die met zijn *Scenery and the Sense of Sight* (1935), *Waves of Sand and Dune* (1913) en *The Sea and other Water Waves* (1910), samen 25 keer geciteerd, de grote voorganger blijkt. Merkwaardig genoeg zijn de werken van de vier anderen niet primair natuurkundig. Het zijn Ruskins *Modern Painters* (30x), Goethe's *Farbenlehre* (20x), en met elk een dozijn aanhalingen Leonardo da Vinci's *Trattato della Pintura* en Helmholtz' *Optisches über Malerei*. Werk dus, dat interfereert met schilderkunst, psychologie en literatuur.

John Ruskin is vele pagina's aan het woord; zijn esthetische kijk valt kennelijk samen met de blik van Minnaert. Neem Ruskins uitval tegen lieden die slechts 'het weer' zien als ze de blik heffen: "Het uitspansel is tot schouwspel voor allen bestemd. Soms is het vriendelijk, soms grillig, soms ontzagwekkend, nooit een ogenblik aan zichzelf gelijk, bezield als het is van bijna menselijke hartstochten, met bijna vergeestelijkte tederheid, met bijna goddelijke oneindigheid. (..) Maar wie van die taterende menigte kan mij de vormen en afgronden beschrijven van de hoge

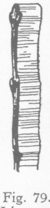


Fig. 79. IJskammetje van ruige rijp aan een twijgje.

Fig. 75. Sneeuwfestoenen aan prikkeldraad (1 Januari 1932, Bilthoven). Een voorbeeld van „plastische sneeuw".

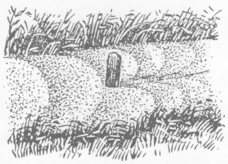


Fig. 60. Eendekroos op een langzaam stromend beekje.

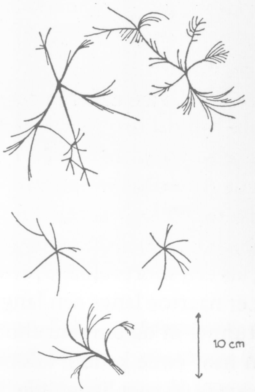


Fig. 84. IJsarborescenties op het oppervlak van de weg (nauwkeurig nagetekend).

Eigen tekeningen van Minnaert.

witte bergketen die gistermiddag de kim omzoomde? Wie zag de fijne zonnestraal die vanuit het Zuiden haar toppen trof, tot zij smolten en vergingen in een waas van blauwe regen?" Dat had Minnaert even goed kunnen schrijven.

Tientallen pagina's worden ingeruimd voor 130 citaten van 70 literatoren. De meesten van hen zijn dichter: Guido Gezelle (9x), Georges Duhamel, Herman Gorter, René de Clercq (4x), Felix Timmermans, Jacqueline van der Waals en Walt Whitman (3x). Deze literaire inslag verhoogt de aantrekkelijkheid van *Minnaert*. De confrontatie van de fysische verschijn-

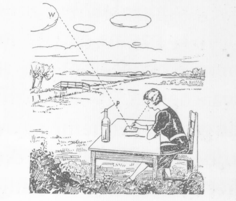


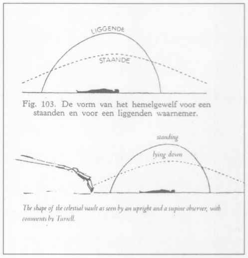
Fig. 39. Waarnemingen met een eenvoudige wolkenspiegel.

selen met hun verbeelding door schrijvers, componisten en schilders maakt het drieluik 'enig'.
Dan is opvallend hoezéér vermaarde mensen uit de generaties fysici vàn en vóór Minnaert nog observeerden in 't vrije veld en daarover publiceerden: Boltzmann, Helmholtz, Lorentz, Mach, Kapteyn, Maxwell, Rayleigh, Stokes, Ostwald, Schwarzschild, Pannekoek, Tyndall, Oersted, en collega's zoals Fokker, Burgers, Burger en Broeze.
Zou de erosie van dit huwelijk van wetenschap, esthetiek en kunst iets te maken hebben met de afname van de belangstelling voor natuurwetenschap bij de jeugd ?

Turrells project: The Celestial Vault. Duinkom èn waarnemingspunt op duin linksboven.

Duin kijken in Kijkduin

In 1996 is te Kijkduin het project *Hemels Gewelf* geopend van de Amerikaanse kunstenaar James Turrell (1943). Het is een krater, een duinkom waarin je kunt gaan liggen om naar de lucht kijken. Bovenop het duin ligt, als een soort tulband, een ellipsvormige wal. Je klimt er naartoe langs een lange trap en komt dan via een tunnel in de binnenruimte. In het midden staat een naar twee kanten aflopende bank van zandsteen, waar je op gaat liggen met je hoofd op het laagste punt, iets achterover. Je ziet dan de rand van de kom rondom je, en daarboven het hemelse gewelf. De kom is in het midden 5 meter diep en de doorsnee is gemiddeld 16 meter. Voor Turrell was het de Madurodam-versie van het moederproject, *Roden Crater*; een dode vulkaan in de Painted Desert van Arizona. Aldus Cornel Bierens in *Archis*, oktober 1996.
De grondgedachte voor dit project staat in *Minnaert*, deel 1, pagina 192, figuur 116: "De vorm van het hemelgewelf voor een staande en voor een liggende waarnemer." Voorschrift: "Leg U met de rug plat op de grond: het hemelgewelf lijkt samengedrukt aan de zijde naar dewelke nu onze schedel gekeerd is; terwijl het in de andere richtingen bolvormig lijkt. Wij zien hier duidelijk dat de (t.o.v. ons lichaam) naar beneden gerichte en de vooruit gerichte blik ongeveer gelijkwaardig zijn, terwijl de naar boven gerichte blik de voorwerpen samengedrukt doet lijken."
Bierens: "*De natuurkunde van 't vrije veld* is een soort Bijbel voor Turrell, waarin allerlei waarnemingsverschijnselen uitgebreid beschreven staan in een even wetenschappelijk als alledaags proza. Waar komt de schijnbare afplatting van het hemelgewelf vandaan? Waarom lijkt de zon groter aan de einder? Dat soort kwesties, en oneindig veel meer." James Turrell: "Ik lig in de krater en zie een merkwaardige hemelkoepel: aan de lange kanten gaat het gewelf steiler de lucht in: aan de korte kanten platter. Het is als met het dak van een rechthoekig huis dat één hoogste punt in het midden heeft. Zo'n dak moet vanaf de lange zijden veel steiler naar de punt klimmen dan vanaf de korte zijden, want van daar af heeft het veel meer meters om even hoog te komen. Is dit een goede waarneming?, denk ik meteen. Wat zou Minnaert ervan zeggen?"



Merkwaardig verschil tussen de tekst bij Minnaert en die van de folder van 'Stroom', the Hague's Center for Visual Arts.

Neutelings' Minnaertgebouw

Tientallen malen constateert de lezer in *Minnaert* dat de regio-Utrecht met Soest, Bilthoven, Zeist, Soestduinen, Den Dolder, Lage Vuursche e tutti

MINNAERT

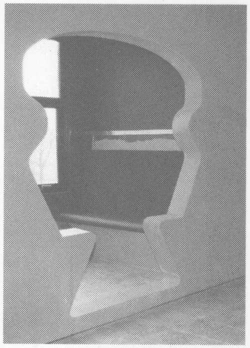
quanti de uitvalsbasis vormt voor zijn fysische expedities. Nu is er in dit gebied een gebouw, naar Minnaert vernoemd, dat door *Minnaert* geïnspireerd is. Luchtig is de knipoog van de architect naar de treincoupé, die voor Minnaert een onuitputtelijke plaats van waarnemingen was. Welnu, de intimiteit van de treincoupé is mozarabisch opgenomen in het dozijn 'knuffelhoeken' van de centrale hal.

Architect Willem Jan Neutelings over Minnaert: "De grootste inspiratiebron bij het ontwerpen was het volgen van zijn onbevangen beschouwen van de natuur, om daarmee te komen tot de essentie der dingen, en deze vervolgens in een elegante redenering om te zetten. Het Minnaertgebouw dankt zijn hoofdopzet met de grote waterzaal aan de oplossing die wij volgens deze denkmethodiek bedachten voor de *koelingsparadox*. Door de strenge energiewetten zijn hedendaagse gebouwen zo goed geïsoleerd dat de warmte niet meer kan ontsnappen. Tegelijkertijd wordt in gebouwen steeds meer warmte geproduceerd door lampen, mensen en computers. Dit leidt tot de paradox dat gebouwen permanent gekoeld moeten worden, ook in de winter, met een energieverslindende koelinstallatie.

Deze paradox is in het Minnaertgebouw opgelost door onbevangen naar een ander klassiek bouwprobleem te kijken: hoe maak ik een gebouw waterdicht? Een simpele rekensom leert dat de hoeveelheid regenwater die jaarlijks op het dak valt voldoende buffercapaciteit heeft om de warmteproductie van één etmaal in het Minnaertgebouw te absorberen. Dus is het gebouw niet waterdicht gemaakt, maar valt het regenwater via grote trechters op de schuin aflopende vloer van de hal. Via watervoerende plafonds wordt de geproduceerde warmte in het bassin gebracht, dat daardoor aan het eind van de dag 2 graden warmer is. 's Nachts wordt het water naar het dak gepompt, waar het aan de nachtelijke hemel gratis gekoeld wordt voor weer een nieuwe dag.

Zo is het gebouw zelf een klimaatmachine geworden die, dankzij het onbevangen beschouwen van een fenomeen, een elegante efficiëntie en een monumentale architectuur oplevert. Het nuttige is met het aangename verenigd, in de geest van professor Minnaert. Nog een anekdote: toen wij ons afvroegen waar de naam Minnaert op het gebouw geplaatst zou moeten worden, viel het ons op dat de letters van zijn naam allemaal stabiel zijn (M-I-N-N-A-E-R-T); het idee "letterkolom" was geboren. *Op die manier draagt het gebouw nu niet slechts zijn naam, maar zijn naam draagt ook het gebouw.* Als hommage aan een groot man."

"Zijn naam draagt ook het gebouw", en tevens deze monografie.
Foto's: Evert Landré.



Coupé annex knuffelhoek in het Minnaertgebouw

"o Mensch, wat zijt gij groot en kleen

die, eerst de sterrenwegen

doorwandelend, hebt ingezien

en starend nageslegen;

die, laatst van al, te late eilaas,

de klanken zoekt te duiden

die, blomgelijk, uw hert, uw ziel

en uwen mond ontluiden!"

GUIDO GEZELLE

De opleider

Promovendi van Minnaert

Minnaert begeleidt twaalf reguliere promovendi; drie promoties coacht hij vóór zijn hoogleraarschap terwijl Houtgast en Van de Hulst met zijn gijzelaarschap te maken krijgen. Binnen zijn onderzoeksprogramma vallen de volgende proefschriften:

1. A.S.P.J.M. Wanders (Ornstein; Minnaert, 1933): *Onderzoekingen over de straling der zonnevlekken.*
2. G.W.F. Mulders (Ornstein; Minnaert, 1934): *Aequivalente breedten van Fraunhoferlijnen in het zonnespectrum.*
3. A.P.H. van der Meer (Ornstein, Minnaert; 1936): *Onderzoek naar variaties in de aequivalente breedten van Fraunhoferlijnen in het zonnespectrum.*
4. J. Houtgast (Rosenfeld; Minnaert, 1942): *The variations in the profiles of strong Fraunhofer lines along a radius of the solar disc.*
5. H.C. van de Hulst (1946): *Optics of spherical particles.*
6. W.J. Claas (1951): *The composition of the solar atmosphere.*
7. C. de Jager (1952): *The hydrogen spectrum of the sun.*
8. P.J. Gathier (1955): *Low dispersion spectra of 27 F- and G-type stars.*
9. J. van Diggelen (1959): *Photometric properties of lunar crater floors.*
10. F. van 't Veer (1960): *L'assombrissement centre-bord des étoiles.*
11. H. Hubenet (1960): *The influence of the photospheric model on the determination of the solar composition.*
12. A. Schadee (1964): *The formation of molecular lines in the solar spectrum.*
13. J.M. Beckers (1964): *A study of the fine structures in the solar chromosphere.*
14. J.R.W. Heintze (1965): *The extreme limb of the sun.*
15. C. Zwaan (1965): *Sunspot models, a study of sunspot spectra.*
16. T. de Groot (1966): *Weak solar radio bursts.*

Van deze auteurs zijn de eerste vier overleden. Hier volgen fragmenten uit interviews die een beeld geven van de aard van de begeleiding, en van de leraar vanuit het perspectief van de leerling. Ten slotte halen enkele mensen herinneringen op aan 'opleider' Minnaert; sommige passages zijn ontleend aan het *Liber Amicorum* (1963) dat Minnaert bij zijn emeritaat werd aangeboden.

Gesprekken met promovendi

1. H.C. van de Hulst (1946)

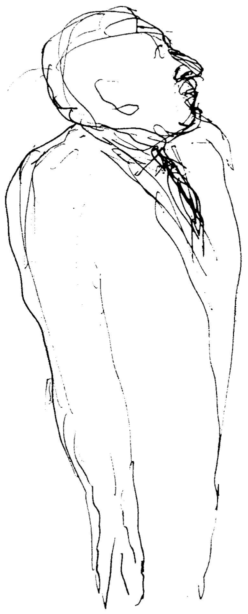
"Toen ik tentamens sterrenkunde wilde doen voor mijn doctoraal was Minnaert gijzelaar in Michielsgestel. Hij mocht per brief maar een paar regels aan mensen schrijven. Op zijn verzoek heb ik hem bij wijze van tentamen een aantal stellingen opgestuurd. Daarop gaf hij commentaar.
Mijn eerste echte research was een verzoek van Minnaert om me te verdiepen in atmosferische zuurstoflijnen in het rood en infrarood. Mijn conclusie was dat de theorie van de atmosferische lijnen zó betrouwbaar was dat je die als ijklijn kon gebruiken. Dat was één van mijn eerste vondsten. Ik had het gevoel dat Minnaert tevreden was.
Even later hing er op de Sterrewacht een aankondiging van de prijsvraag van de Leidse Universiteit. Die ging over de vorming en de groei van vaste deeltjes in

De schetsen bij 'De opleider' komen uit het notitieboekje van Pieter Defesche (1964).

de interstellaire materie. Toen zei Minnaert: 'Zou dat niet iets voor U zijn...?' Dat was kort voor zijn gijzeling. Toen ik eraan begon was mijn wrange conclusie: 'Dit is wel heel erg zelfstandig...'. Ik heb me erop geworpen en heb eindeloos veel artikelen gelezen. De inhoud stond los van Minnaerts onderzoeksprogramma. Het had te maken met de leeftijd van het Melkwegstelsel. Uit mijn berekeningen volgde dat als de groei van die stofdeeltjes ongehinderd had kunnen doorgaan, ze veel groter hadden moeten zijn. Dat groeiproces moest ergens door gehinderd worden. Ik kwam daarmee in het onderzoeksgebied van Oort. Toen ik goed op weg was met een dissertatie, vroeg Oort me waarom ik alleen de resultaten van andere auteurs, berekend met de verstrooiingstheorie van Gustav Mie (1908), gebruikte: 'Heb je er zelf wel eens naar gekeken?'. Ik voegde een hoofdstuk toe over de numerieke uitwerking van die theorie, en dat groeide uit tot het hoofdbestanddeel van mijn dissertatie.
Zowel Minnaert als Oort hadden de houding van 'het is allemaal van ons...'. Er was geen naijver; ze vulden elkaar aan en stimuleerden mij waar ze konden. Geheimhouderij was hun vreemd. Minnaerts colleges gingen zowel over het zonnestelsel als over de sterren. Er was wel een soort afbakening tussen Utrecht, Leiden en Amsterdam maar in de practijk houdt niemand zich aan strikte grenzen. Als je kijkt bij andere faculteiten is dat ongebruikelijk."

2. W.J. Claas (1951)

Claas beschikt nog over alle correspondentie met Minnaert. Door oorlogsomstandigheden en door zijn leraarschap is er een dossier aan handschriften en tikwerk. Minnaert schreef in 1942 uit het kamp: "Ik zie dat U zeer aktief bent geweest, want dat Uw onderzoek over de zwakke Fraunhoferlijnen ook goed vooruit gaat. Ik heb daar grote verwachtingen van. Zou het niet goed zijn, al eens voorlopig voor een paar elementen de verhouding der concentraties te trachten te bepalen? Dan ziet U alvast waar het naar toe gaat. (..) Er spijt mij maar één ding, dat is, dat de kwestie van Uw collegegeld nog niet afdoende geregeld is. Ik verzeker U dat ik niet zal rusten vóór dit opgelost is." Elke brief eindigt met: "Hoe gaat het met de zwakke Fraunhoferlijnen?"
In de oorlog begon Claas als onderduiker op de Sterrewacht inderdaad aan zijn proefschrift over de chemische samenstelling van de zonne-atmosfeer. Uit de spectra moest bepaald worden in welke verhouding de chemische elementen voorkomen op de zon, de zogenaamde 'abondanties'. Minnaerts *Atlas* was de basis, waaruit Claas geschikte profielen selecteerde. De correspondentie verliep snel; vaak was het antwoord er per kerende post. April 1948 schrijft hij zeer kritisch over een concept-tekst, maar eindigt met: "Nog wel mijn compliment voor de keurige vorm waarin U alles opgesteld heeft; het was prettige, verkwikkende lektuur."
Enkele passages: "Het moet U duidelijk zijn, dat het aanpakken van een dergelijk onderwerp ook enigszins de verplichting oplegt er binnen een redelijke tijd iets mee te bereiken, omdat anders het onderzoek van andere instituten geleidelijk zulk een werk inhaalt en de daaraan bestede moeite dan voor een groot deel vruchteloos is. (..) Waar formules worden meegedeeld, moet althans duidelijk gemaakt worden op welke basis die afgeleid zijn en in het algemeen hoe men daaraan gekomen is. (..) Laat dat toch duidelijk zijn en helder uitkomen wat U overneemt, wat theorie en experiment is. De lezer moet U niet geloven, hij moet helder begrijpen! (..) In Hoofdstuk IV moet U hier en daar oppassen niet teveel Unsöld te beschoolmeesteren, telkens onderzoekend of hij afwijkt van Uw resultaten die als norm worden genomen. Het is veeleer aan U, Uw uitkomsten aan de zijne te toetsen. Hij heeft de historische prioriteit en is een grootmeester. Maar natuurlijk is dit alleen een kwestie van wending en zinsbouw; logisch-



wetenschappelijk heeft U alle recht Uw uitkomsten beter dan de zijne te achten."

De climax komt op 15 mei 1951: "Het is merkwaardig, hoe 'echt' het nu allemaal lijkt; alles wat U zegt klinkt veel meer gezaghebbend dan toen het geschreven stond. (..) Maar wat moet de voltooiing, die nu pas een feit is, een bron van diepe voldoening zijn, voor U en voor hen aan wie U Uw werk opdraagt! Wie beschrijft eigenlijk de som van alle arbeid, alle zorg, alle opoffering en alle liefde die in zulk een dissertatie gecondenseerd is?"

3. C. de Jager (1952)

"Ik ben in Utrecht in 1939 aangekomen, en kon mijn candidaats nog doen in 1942 voor de sluiting van voorjaar 1943 na de aanslag op Rauter. Ik heb de warmste herinneringen aan de colleges van die eerste jaren; het opnemen van de feitenkennis en de inzichten over sterrenkunde. En ook aan het practicum waar we technieken leerden, en ons elementen van wetenschappelijk onderzoek eigen maakten. Na de oorlog was voor mij het boeiendst een college waarbij hij ons zelfstandig berekeningen liet maken over sterre-atmosferen, liet rekenen aan lijnprofielen en leerde omgaan met integralen.

In de oorlog was Houtgast gepromoveerd op de midden-randvariatie van de sterke Fraunhoferlijnen: 'U moet de H-lijnen maar eens doen...'. Hij liet me soms verschrikkelijk alleen. Maar op een gegeven moment, in 1950, legde ik mijn dissertatie kant en klaar bij hem op tafel. Na 11 maanden lag die daar nog. Ik werkte toen aan zonnemetingen op de Pic du Midi, en ik schreef hem een boze brief. Ik kreeg direct antwoord: 'Het is altijd een bijzondere ervaring een brief van U te ontvangen.' Daarna zijn we wel intensief bezig geweest met de dissertatie. Goed schrijven en verklaren: dat zat heel hoog bij hem.

Op een gegeven moment, ergens in 1946, wilde ik een fotometer maken. Minnaert was constructief begaafd, en had een goede kijk op techniek. Hij zei: 'Het zou goed voor U zijn als U zelf instrumenten kon maken.' Toen heb ik me elke ochtend om 9 uur gemeld bij onze instrumentmaker Van Straten, twee jaar lang. Ik heb daar later bij het opzetten van het Ruimtevaartonderzoek veel baat bij gehad. Ik ben de enige aan wie Minnaert dat heeft voorgesteld.

Hij had ook veel belangstelling voor het detail; er kon geen spijker in de muur of hij zou er een oordeel over vellen. We hebben eens een grap uitgehaald. Houtgast kwam tijdens de koffie op de proppen met een verroeste houtschroef uit een eclipskist in de kelder: 'Professor, weet U waar die schroef vandaan komt?' Het was een geintje, maar hij wist het precies. Hij bemoeide zich overal mee, en daarmee was hij de man van het kleine Instituut. Minnaert was veel te bescheiden in zijn financiële eisen naar de overheid. Wij klaagden erover dat alles wat Oort vroeg werd toegezegd. Hij gedroeg zich als een zuinige huisvader. Toen ik dan ook de kans kreeg het ruimte-onderzoek te starten, wilde ik eindelijk snel groeien!

Na zijn emeritaat wilde hij een boek schrijven over *De vrije wil*. Dat vond hij belangrijk. Door de vele verplichtingen is dat er niet van gekomen. Mijn vrouw en ik bezochten hem thuis, drie dagen voor zijn dood. Daar zat hij in een stoel, met links op de grond de nog te corrigeren proeven van *De Natuurkunde van 't Vrije Veld*, en rechts de gecorrigeerde bladen. We hadden het over belangrijke dingen, niet over het weer, niet over persoonlijke zaken en nauwelijks over zijn ziekte. Hij bleef positief tot het einde."

4. P.J. Gathier (1955)

"Na mijn kandidaatsexamen (1947) heb ik drie jaar op de Sterrewacht gezeten. In januari 1950 deed ik mijn doctoraal. In die periode kwam Minnaert terug met spectra uit de VS, die bij Kuiper waren opgenomen. Het waren spectra van sterren van dezelfde temperatuur als de zon, maar verschillend in gravita-

tieversnelling en dus in ijlheid. Hij zei: 'Dat is leuk voor U om uit te zoeken..'.
In Utrecht was er niemand die ervaringen had met andere sterren dan de zon. En het waren opnamen met een laag scheidend vermogen. Als het gaat om Minnaert als begeleider, dan past hier wel kritiek. Ik vroeg niet om hulp. Ik zat maar te lezen en te zoeken. Na een paar maanden liet ik weten dat ik nauwelijks gevorderd was. Minnaert: 'Het is ook niet eenvoudig. Ik zal iets anders voor U bedenken. Ik leg het aan iemand anders voor.' Ik ben teruggerend naar mijn tafel, en ging met extra energie aan het werk: dat zou mij niet gebeuren!
Tenslotte doorzag ik het. En heb ik erover gepubliceerd. Het werd het onderwerp voor mijn doctoraal. Ik stelde een promotie-onderzoek voor. Daarmee ging hij akkoord. Ik werkte als leraar in Bussum. Ik heb een aantal keren contact met Minnaert gehad. Op zeker moment had ik voldaan aan de taak, die ik mezelf had gesteld. Ik had een gekwantificeerde uitwerking. Maar hij wilde er een 'verklaring' bij. Ik vreesde dat dit een apart onderzoek zou vergen. Ik heb moeten beloven na mijn dissertatie nog spectra op te nemen in Italië. Dat heb ik ook gedaan.
Toen het schrijven begon, pakte hij me stevig bij de hand. Hij las alles kritisch en zorgvuldig, en hij was een fijne hulp. Hij was nooit amicaal, nooit gemakkelijk. Altijd hield hij afstand, al was er wederzijdse waardering. Als ik achteraf analyseer blijf ik hem, ondanks de kritiek op de beginfase, een fantastisch opleider vinden. Ik ben blij dat ik er zelf uitgekomen ben. Het was niet alleen eigenwijsheid: wat zou je die man storen met je probleempjes. De drempel naar zijn kamer was voor mij hoog. Pas als ik iets had wat me echt bedrukte, stapte ik op hem af.
Hij was onconventioneel. Op een zeker moment, rond 1950, kondigde hij aan dat er een nieuwe rekenaar kwam: Joop Damen Sterck. Maar spoedig bleek dat Joop homo was. Daar kwam hij voor uit. Zijn benoeming heeft bij het Universiteitsbestuur heel wat voeten in de aarde gehad, maar voor Minnaert was dat geen probleem."

5. J. van Diggelen (1956)

"Ik ben begonnen in 1945 en heb sterrenkunde als hoofdvak genomen. Minnaert stond erop dat je voor het afstuderen publiceerde in een officieel blad. Hij had materiaal: 'Gaat U dit en dat eens onderzoeken..'. Hij gaf hints voor de aanpak en de literatuur. Als hij op de Sterrewacht was, kwam hij zo'n tien minuten langs om te horen hoe het ermee stond.
Hij kwam met een origineel idee: het fotometrisch bepalen van de heuvelruggen van de maan. De zon schijnt op de hellingen van het maanoppervlak: dan moet het helderheidsverloop op foto's uitsluitsel geven over het hellingsverloop. Dan moet zo'n heuvel goed liggen; niet dwars. Ik kwam tot de conclusie dat het niet altijd mogelijk was; Minnaert vond van wel. Het was niet gemakkelijk hem te overtuigen van zijn ongelijk. Pas na schriftelijke toelichting van alle argumenten zag hij het opeens: 'U heeft gelijk.' Wat we als eersten ontwikkelden was de *klinofotometrie*. Later is het veel toegepast.
Ik kreeg een baan van 10 uur op de HBS; dat verdiende meer dan een volledig assistentschap. In 1949 deed ik doctoraal en in 1959 ben ik gepromoveerd naast een leraarsbaan. Ik kreeg een vrije maandag, die je een lang weekend opleverde. Ik mat aan het intensiteitsverloop in de bodem van kraters: ik had platen bij verschillende maanfasen. Minnaert vroeg of er op aarde materialen waren die zich optisch gedroegen als dat materiaal van de kraterbodem. Toen heb ik een apparaat ontworpen: een lamp boven een bakje met onderzoeksmateriaal. Ik begon met vulkanisch as. Ik mat de terugkaatsing via een fotocel. Die vulkanische assen kreeg Minnaert door even naar zijn collega paleontologie te bellen, en dan was alles geregeld. We verwachtten een grote poreusheid vanwege de

geringe aantrekkingskracht; dus korrels met grote luchtledige tussenruimten. Kleine ronde kraaltjes, balletjes van een suikerfabriek, schuimrubber, en uiteindelijk rendiermos. Dat laatste klopte nog het beste met de proefresultaten van de maankraters.
'Het zou jammer zijn als U niet doorging..', zei hij na mijn doctoraal. De teksten naar het proefschrift nam hij nauwkeurig door. Je leert voor de rest van je leven kritiek verwerken: 'Zoudt U dit niet ... anders formuleren?' Elke zin werd gewogen. Ik vond de begeleiding uitermate goed. In het gebouw heerste een sfeer ten dienste van het vak. Dat mis je in veel moderne gebouwen."

6. F. van 't Veer (1960)
"Ik ben mijn studie sterrenkunde begonnen in 1951. Ik werkte toen als meteoroloog op het KNMI. Ik had Minnaert al ontmoet toen ik in Rotterdam als bestuurslid van de *Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde* in 1946 het sprekersprogramma voor de amateurs verzorgde. Hij werd beschouwd als degene die het beste de natuurverschijnselen kon uitleggen, en ik ervoer het grote verschil met het cosmografieboek van school.
Mijn keuze voor de sterrenkunde werd sterk beïnvloed door de hartelijke sfeer die op het 'Bolwerk' heerste, en het door het materialisme geïnspireerde charisma van Minnaert. Mijn eerste werk onder zijn leiding betrof de maan. Maanspectra moesten voor een buitenlandse collega op platen worden opgenomen, en dat was ook nieuw voor hem. Ik herinner me onze eerste nachtelijke oefening samen; de opnametijd was uitgerekend, de maan vol en het beeld scherp ingesteld. We keken ernaar, het beeld bleef scherp maar begon te verschuiven en hij meende dat er een bijgeluid was in de aandrijving: 'Meneer Van 't Veer, haalt U even snel een paar schroevendraaiers en vijlen uit de werkplaats'. Toen ik terugkwam keek hij me triomfantelijk aan: 'Maar natuurlijk verschuift het beeld, want de maan heeft niet dezelfde schijnbare beweging als de zon waarvoor dit instrument geregeld is.'
In 1956 kreeg ik mijn promotie-opdracht; het ging over de helderheidsverzwakking van de straling aan de rand van de sterren die samenhangt met de opbouw van de steratmosfeer. Hij zei nog: 'En bestudeert U dan in het bijzonder de resultaten die men kan verkrijgen uit de lichtkrommes van eclipserende dubbelsterren.' Ik had daar wel eens van gehoord, maar begreep al snel dat hij er niet veel van af wist. Hij zocht onderwerpen uit met de verwachting nieuwe gebieden open te breken. Door zijn toedoen kon ik meteen in Parijs gaan werken. Ik voelde dit als een bevrijding omdat ik loskwam van mijn bewondering voor hem en zijn paternalisme jegens mij en de anderen.
Elk hoofdstuk van mijn dissertatie werd per brief kort maar vol toewijding door hem geanalyseerd. Hij gaf me ook gezellige berichten over het leven op de Sterrewacht, dikwijls met de hand geschreven en met zijn duidelijk leesbare handtekening. Hij vond het plezierig als getuige op te treden bij mijn huwelijk met een Franse astronome, maar ik heb nooit in de intimiteit van deze bijzondere man kunnen doordringen."

7. H. Hubenet (1961)
"Mijn promotie-onderwerp ging over de 'overgangswaarschijnlijkheden', die bemiddelden tussen de waargenomen spectra en de berekende concentraties van deeltjes. Die konden bepaald worden langs theoretische weg èn via experimenten. Ik stelde Minnaert voor theoretisch te rekenen aan die waarschijnlijkheden. Dat vereiste een quantummechanische benadering, maar ik had uiteindelijk niet de benodigde theoretisch-fysische achtergrond. Minnaert zei een keer: 'U moet ook eens proberen dat uit het zonnespectrum te halen..' Ik heb de bakens verzet, en ging me

bezighouden met modellen van de zonne-atmosfeer. Mijn proefschrift ging over de invloed die onzekerheden omtrent het model konden hebben op de nauwkeurigheid van de kwantitatieve bepaling van de chemische samenstelling van de zonne-atmosfeer. Ik borduurde voort op het werk van Claas: ik gebruikte zijn formules.

Aanvankelijk had hij me aan het werk gezet rond opnamen van Venus die hij uit de VS had meegebracht. Hij had er geen bezwaar tegen dat ik iets anders koos. Ik heb het idee dat hij me mijn eigen gang liet gaan, en hij zich af en toe op de hoogte stelde.

Hij had consequent een materialistische wereldbeschouwing. Wat is de oorzaak? Enkele veldvergelijkingen. Maar ons bewustzijn dan? Dat was een begeleidend proces. Bij dieren vond een geleidelijke overgang plaats. Dan zou ook de levenloze materie in de kiem al bewustzijn hebben... Bij de uitreiking van de *Bruce Medal* door Struve paste hij in een rede de definitie van 'levend wezen' uit de biologie toe op zon en sterren. Dat was geen *Spielerei*. Zie zijn voordracht in de *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. In de VS was dat niet zo goed gevallen, vertelde hij me.

Hij sprak altijd zeer zorgvuldig. Een anekdote van Wanders: op het Fysisch Lab liep Minnaert in het donker met een enorme klap tegen een obstakel aan. Ze dachten dat er nu toch wel een krachtterm zou vallen. Toen hoorden ze hem zeggen: 'Nu merkt men eerst hoe snel men loopt.'"

8. A. Schadee (1964)

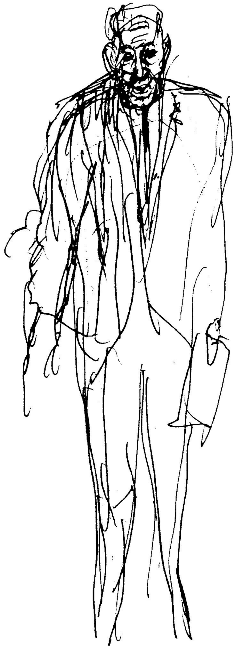
"Ik deed onderzoek naar 'abondanties'; het ging in eerste instantie om de concentratie van fluoratomen in de zonne-atmosfeer. In de atomaire spectraallijnen werd fluor niet aangetroffen. Maar fluoratomen konden gebonden zijn in onverzadigde molekulen zoals barium- en strontiumfluoride. Het was allang bekend dat er molekulen in de zonne-atmosfeer aanwezig zijn zoals C_2 en MgH. Die stonden al in de Zonne-Atlas. Misschien dat in zonnevlekken, dank zij de lagere temperatuur, voldoende hoeveelheden BaF en SrF voorkomen om waargenomen te kunnen worden. In het laboratorium maakte ik spectra van molekulen BaF en SrF. Die verdampten te snel, zodat ik koolstofdeeltjes toevoegde. Ik kreeg toen prachtige spectra. Ik ben maandenlang met grafieten boogspitsen bezig geweest.

In de zonnespectra heb ik geen lijnen van SrF kunnen vinden. Ik heb het onderzoek toen omgedraaid: mijn dissertatie ging over de theoretische interpretatie van dit negatieve experimentele resultaat. In de begeleiding toonde Minnaert zich een briljant analyticus. Hij kon een probleem ontrafelen. Hij had goede intuïties omtrent de volgorde van de stappen die naar een oplossing leiden. Hij had gevoel voor wat belangrijk was en wat niet.

November 1956 was er de Hongaarse opstand. Ik ervoer dat als een brutaliteit, en vond het angstaanjagend. Wij hadden het onaangename vermoeden dat hij dit billijkte. Er ontstond een sfeer dat we elkaar niet recht in de ogen durfden kijken. Houtgast vroeg het rechtstreeks: 'Professor, wat vindt U van de gebeurtenissen in Hongarije?' Toen zei Minnaert dat de gebeurtenissen in Hongarije een loop namen die hij niet kon billijken. Daardoor was de druk van de ketel, het ijs was gebroken. Koningsberger was er in die tijd van overtuigd dat Minnaert geen rector kon worden, en dat hij hem tegen zichzelf moest beschermen. Hij vertelde me dat het de zwaarste gang van zijn leven was geweest om dat Minnaert te vertellen."

9. J.M. Beckers (1964)

"Ik kwam in 1952 in Utrecht aan om natuur- of scheikunde te studeren. Op de HBS had het vak cosmografie me totaal niet geboeid. Omdat er een college uitviel, ging ik naar een college van Minnaert. Daarna



was mijn interesse omgeslagen. Hij is sindsdien de leidende figuur geweest in mijn akademische loopbaan. Na mijn doctoraal ging ik naar Australië en de Verenigde Staten voor optisch zonne-onderzoek. Dat kwam onafhankelijk van hem tot stand, maar toch wilde ik bij hem promoveren. Ik heb die correspondentie bewaard. Hij bekeek mijn concepten gedetailleerd, gaf heel snel reacties en suggesties. De begeleiding was fantastisch.
Een anekdote. Mijn vrouw en ik waren al naar Australië. Mijn schoonmoeder klaagde in het ziekenhuis over het feit dat haar dochter met een astronoom was getrouwd: wat gaf dat nu voor perspectief? Haar mede-patiënte was de vrouw van collega Heintze, en zo kwam dat Minnaert ter ore. Die heeft toen mijn schoonouders bij hem uitgenodigd, om hen uit te leggen dat astronomie een prachtig vak is. Dat toont wel aan hoe verantwoordelijk hij zich voelde jegens zijn werkgemeenschap."

10. J.R.W. Heintze (1965)

"Als middelbare scholier liep ik al rond op de Sterrewacht: 'Kom toch binnen..', zei Minnaert. Als jongen leerde ik van Minnaert met de Merz-kijker omgaan. Daar had Minnaert kijk op; dat bezielen van die jonge gasten. Ik heb zijn kwaliteiten leren kennen, en als het ware in me opgezogen. Ik heb 40 jaar lang graag lesgegeven; die gretigheid dank ik aan Minnaert.
In 1954 werkte ik mee aan de eclipsexpeditie op Gotland in de Baltische Zee. Samen met Houtgast en Minnaert. Een enkele keer hielp ik Minnaert, bijvoorbeeld bij het uitlijnen van zijn apparatuur. Dat gebeurde in een gewijde sfeer, in een sfeer van eerbied voor de wetenschappelijke onderneming. Houtgast en ik maakten daar prachtige flitsspectra van de uiterste rand van de zon. Minnaert stimuleerde me hierop te promoveren; ook jegens ZWO vond hij dat een goede zaak.
Vanaf mijn eerste studiejaar gaf ik enkele uren les bij het voortgezet onderwijs. Later werd dat een hele baan. De school was vlak bij de Sterrewacht, dus ik kon voor en na schooltijd aan het werk. Vaak kwam ik Minnaert dan tegen. Hij beantwoordde zijn post veelal 's nachts en hield daarmee op om kwart voor drie. Dan postte hij die, want de eerste ochtendlichting was om drie uur. Hij kwam dan langs voor een praatje en een hint. Hij ging elke week langs de staf. Bij een promovendus vaker. Hij kon enthousiasmeren: 'Waarom probeert U het niet zo...?'
Ik heb op een grandioze manier mogen proeven aan wetenschappelijk werk. Je krijgt 'eerbied' mee in twee richtingen: je waardeert de technische vindingrijkheid waarin je jezelf bekwaamt, en tegelijk besef je de nietigheid van je onderneming tegenover de onbegrensdheid van de kosmos. Toen ik driekwart jaar flitsspectra aan het fotometreren was, kwam ik elke ochtend vroeg op de Sterrewacht. Hij gaf mij de sleutel. Hij gaf zoveel vertrouwen, dat weinig mensen dat durfden beschamen.
Toen ik als leraar in Brussel ging werken, hadden we elk weekeinde een afspraak op de Sterrewacht. Dat heeft hij niet met iedereen gedaan. Maar ik deed de promotie naast mijn baan: 'U hebt er wat voor over, dan heb ik er ook wat voor over..'.
Ik heb het niet beter meegemaakt dan met Minnaert. Hij ging ervan uit dat wat een promovendus deed niet a priori fout hoefde te zijn. Er kon iets in zitten, waaraan hij niet gedacht had. Ook de liefde voor het waarnemen heb ik van hem geleerd; dat je het uiterste uit je metingen moet halen. 'Je de kans geven om het op jouw manier op te lossen', ook al kost het meer tijd en moeite. Ik vond het grandioos."

11. C. Zwaan (1965)

"Minnaerts opdracht tot het onderzoek voor mijn doctoraalexamen was de overhandiging van een kistje: 'Meneer Zwaan, hier zijn een aantal spectrale platen van een zonnevlek die dr Mulders in 1937 op

Mount Wilson heeft opgenomen. Kijkt U eens wat U hiermee kunt doen?' Daarbij ging een schriftje met aantekeningen van Mulders, en een kort lijstje met publicaties over zonnevlekspectra. Verder verwachtte hij blijkbaar dat ik mijn eigen paadje zou hakken. Echt leiding gaf hij daarbij niet, wel kwam hij af en toe binnenstappen en dan wilde hij heel belangstellend weten wat ik gevonden had en wat de problemen waren. Soms bracht hij een literatuurreferentie mee. Deze wijze van interactie werd bestendigd nadat het onderzoek tot een promotie-onderzoek was uitgebreid.

Minnaert was zeer in het onderzoek van zonnevlekken geïnteresseerd, vooral toen er resultaten kwamen die door hem, zijn eerste promovendus Wanders, en door anderen gevestigde bevindingen weerlegden. Ik vond namelijk dat het strooilicht in zonnevlekopnamen een veel grotere rol speelt dan toen aangenomen werd, met als een eigenaardig gevolg dat alle vlekken, ook de kleinere, bijna even donker zijn. Natuurlijk wilde hij terdege overtuigd worden, maar daarna deden die nieuwe resultaten hem veel genóegen.

Minnaert kwam in z'n element zodra er tekst op papier verscheen. Hij gaf nauwkeurig en terzake harde kritiek waarmee je je voordeel kon doen: 'Meneer Zwaan, veel te wijdlopig, het lijkt wel een natuurkundeboek uit 1900', was zijn commentaar op het concept van de eerste hoofdstukken. 'Legt U dat eens uit in eenvoudige bewoordingen: wat bedoelt U eigenlijk?' Bij een concept van een nieuwe tekst denk ik nog vaak: 'Wat zou Minnaert hiervan zeggen?'

Als voorzitter van een kleine commissie die voor een portret bij zijn 70ste verjaardag moest zorgen was mijn eerste taak hem te overtuigen: 'Professor, de hele gemeenschap wil dit graag.' Minnaert was wel gestreeld, maar hij speelde de gereserveerde, en hij kwam wel met een paar eisen: 'Ik heb tijd noch zin om vaak en lang te poseren. Ik moet wel met de schilder overweg kunnen. Het mag geen stijf hoogleraarsportret worden.'

Van twee kanten kregen wij tips voor Pieter Defesche, maar die aarzelde want hij had al tien jaar geen portret meer geschilderd. Er werd overeengekomen dat men het van beide kanten zou proberen. En het klikte.

Defesche observeerde Minnaert bij zijn bezigheden in en buiten Utrecht. Eénmaal riep de schilder mijn hulp in: hij wilde 'dat lange lijf' bij de knieën afkappen, maar volgens Minnaert moest het òf 'ten voeten uit' òf een portret worden. Ik heb Minnaert er van kunnen overtuigen dat hij er alleen zó in figuurlijke zin 'ten voeten uit' zou komen. Minnaert vond het, als één van de eersten, een heel mooi portret."

12. T. de Groot (1966)

"In 1955, ruim een jaar na mijn doctoraal experimentele fysica, vroeg professor Minnaert mij op de Sterrewacht te komen werken om elektronische meetapparatuur te ontwerpen en te bouwen: de start van de 'elektronische afdeling'. Ik nam dat aanbod graag aan omdat het een hoofdassistentschap betrof met daarnaast de mogelijkheid van een promotie-onderzoek. Dit onderzoek behelsde een studie van de kortdurende uitbarstingen, de zogenaamde ruisstormen, in de radiostraling van de zon met behulp van een snelle meerkanaalsontvanger. Wij hoopten zo een fundamenteel verschijnsel te pakken te krijgen dat zich zou lenen voor theoretische interpretatie. Zo'n ontvanger kwam een paar jaar na mijn aanstelling beschikbaar, en werd geplaatst achter een oude, Duitse radarspiegel op de radiosterrewacht te Dwingeloo. De financiering geschiedde via de Stichting *Radiostraling van Zon en Melkweg*. Minnaert vroeg niet al te veel voor het onderzoek van de Zon dat er naar mijn gevoel bekaaid afkwam.

Na het aanstekelijk enthousiasme van de begintijd werd zijn belangstelling voor mijn onderzoek min-

der. Hij liet mij 'zwemmen'. De ruisstormen die ik registreerde waren van een nauwelijks te classificeren grilligheid. Bovendien bood de plasmafysica onvoldoende houvast. Mijn dissertatie werd een verslag van de meetmethoden en een discussie van de meetresultaten. Wel interessant en nieuw, maar de hooggestemde verwachtingen moesten worden bijgesteld. Tijdens de totstandkoming ervan toonde Minnaert een plichtmatige belangstelling, maar hij leverde inhoudelijk geen constructieve bijdrage.
Van mijn gewone werk is de deelname aan vijf zonne-eclipsexpedities onder leiding van Houtgast belangrijk geweest. Mijn taak was het radiale intensiteitsverloop van de uiterste zonsrand te registreren. Dit werk was spannend en inspannend en had Minnaerts volle belangstelling. In 1959 kwam hij op bezoek in de woestijn op één der Canarische eilanden, nieuwsgierig naar de eerste resultaten. Toen ik in de geïmproviseerde, bloedhete doka bezig was de lange lappen fotopapier te ontwikkelen, hoorde ik plotseling: 'Meneer De Groot, kunt U niet wat opschieten?'
Kort na mijn aanstelling zei Minnaert mij dat ik bereid moest zijn 'om niet' in den lande lezingen te houden voor amateur-sterrenkundigen en leken. Het bleek mij alras dat het genadiglijk afzien van een bescheiden vergoeding niet erg gewaardeerd werd door de andere partij. Echter, over het belang van deze tak van onderwijs was ik het volledig met mijn promotor eens! Gaandeweg heb ik functies gehad in de redactie van *Hemel en Dampkring* en in het bestuur van de *Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde.*
Minnaert werkte keihard en vrijwel de klok rond. Bezig zijn was voor hem een roeping. De onwrikbaarheid van zijn links-ethische principes was in voorkomende gevallen wel eens wat frustrerend. Maar soms hoorde je hem in het holst van de nacht vanuit zijn woonhuis Chopin spelen. Gelukkig maar."

Herinneringen aan opleider Minnaert

Prof. dr A. Blaauw (astronoom)
"Er was met Minnaert altijd veel meer aan de hand. In de *Nederlandse Astronomen Klub* nam hij de taak op zich te zorgen voor het contact met het middelbaar onderwijs, en hij was voorzitter van de commissie die het onderwijs in de sterrenkunde moest bevorderen. Toen in de *International Astronomical Union* een commissie werd opgericht voor het onderwijs in de astronomie werd Minnaert als voorzitter gevraagd. Daarbij ging het ook om de uitwisseling van studenten van onderontwikkelde landen. Dat was bijna vanzelfsprekend. Als het om de humane aspecten van het internationaal sterrenkundig bedrijf ging, werd allereerst aan Minnaert gedacht."

Prof. dr Jan Oort (Sterrenwacht Leiden)
"Het is voor jou vanzelfsprekend dat men het beste alleen kan bereiken door elkaar zoveel mogelijk te helpen, en je hele leven heeft zich zó aan dit ideaal aangepast dat wij die in je omgeving leefden bijna vergaten dat dit soort samenwerking iets bijzonders is. De mooie sfeer die je hiermee geschapen hebt is overal in Nederland doorgedrongen. Je leerlingen hebben wel een onschatbaar voorrecht gehad hun studietijd door te brengen in zo'n harmonisch en stimulerend 'gezin' als je in Utrecht hebt gevormd."

Prof. dr E.P.J. van den Heuvel (astronoom)
"Mijn medestudenten en ik spraken in de eerste studiejaren met elkaar over Minnaert als persoon. Er deden veel verhalen over hem de ronde. Wij waren geïntrigeerd door het feit dat hij als bioloog begonnen was, later een doctoraat in de natuurkunde behaalde, en nu hoogleraar sterrenkunde was. Of over het feit dat hij een dozijn talen sprak en daarnaast nog Espe- ranto. We maakten daar grapjes

over: waarom Espe- ranto leren als je al twaalf talen spreekt?
Zijn breedheid – zijn muzikaal talent naast zijn talenkennis – had een belangrijke voorbeeldfunctie voor ons. Het gaf ons het gevoel dat al studeerde je wiskunde of natuurkunde je toch veel andere kanten op kon: je zat niet in een nauwe discipline gevangen. Het perspectief dat je door Minnaerts voorbeeld kreeg, dat een fysicus namelijk ook een artiest en een universeel mens kon zijn, was voor mij enorm belangrijk, en heeft in feite mijn loopbaan bepaald: mijn definitieve keuze voor de sterrenkunde."

Chriet Titulaer (publicist)
"Ik wist niets van sterrenkunde, maar werd vanaf het eerste college getroffen door de didactisch verantwoorde wijze waarop professor Minnaert college gaf. Al na enkele weken besloot ik sterrenkunde als hoofdvak te kiezen. Ik ging na college met Minnaert op de fiets naar de Sterrewacht, waar hij mij de kometenzoeker gaf om mee te beginnen; hij leerde mij stap voor stap met deze kijker te werken.
Na mijn afstuderen werkte ik op de Parijse Sterrewacht, waar Minnaert veel aanwezig was in verband met de nomenclatuurcommissie van de IAU, die namen gaf aan de kraters op de achterkant van de maan. Op een middag belde hij aan bij mijn flat in Meudon en zei ernstig met me te willen spreken. Hij vertelde me dat ik een goed popularisator kon worden òf een goede astronoom, maar ik moest wel kiezen. Ik heb toen besloten zijn wijze raad te volgen. Ik ben in de popularisering gegaan."

Prof. dr Jesse L. Greenstein (Mount Wilson Observatory)
"Belangrijk lijkt me je geestelijke invloed op jonge mensen. Door de donkere dagen heen heb jij de toewijding aan de wetenschap vastgehouden zonder te vergeten dat we in de eerste plaats mensen blijven, en dat het behoud van de menselijke geest ons eerste doel is. Jouw idealisme in troebele tijden en je optimisme zijn voor mij persoonlijk, en voor veel anderen, een voorbeeld geweest."

Prof. dr Edith A. Müller (Universiteit van Genève)
"De eerste keer dat ik je zag, was ik nog maar een baby astronoom. Het was in Zürich op de IAU-bijeenkomst van 1948. Tien jaar daarvoor was de laatste bijeenkomst geweest, en er was veel gebeurd dat wetenschappelijk bepraat moest worden. Oude vriendschappen moesten vernieuwd worden en nieuwe contacten gelegd. Desondanks nam je volop de tijd om ons, jonge astronomen die aan het begin van onze loopbaan stonden, op te zoeken. Enthousiast moedigde je ons aan, je stimuleerde ons; ik was diep onder de indruk. De laatste 15 jaar is dat niet minder geworden. Ik denk dat er in de wereld geen astronoom is die meer invloed heeft gehad op de loopbaan van jonge wetenschapsmensen, zowel direct als indirect."

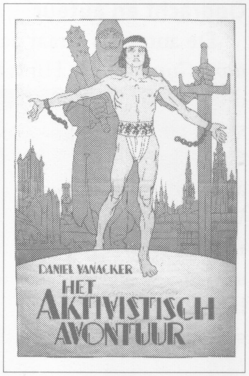
Prof. dr Pol Swings (Universiteit van Liège)
"Na enkele tientallen jaren van wetenschappelijke activiteit heeft ieder van ons wel een aantal geleerden leren kennen van mondiale faam. Maar kijken we van dichtbij dan constateren we dat onder degenen die we in onze professie bewonderen er niet zo velen zijn die ook door allen geliefd worden. Jij bent het zeldzame en bewonderenswaardige voorbeeld van een geleerde die heeft uitgeblonken in het onderzoek, die esssentiële bijdragen en zelfs briljante vernieuwingen heeft geleverd, die een *School* heeft geschapen van hoge internationale reputatie, Nederlandse en buitenlandse leerlingen hebt gekweekt die zich hun *Meester* waardig tonen; en die tòch de genegenheid van al zijn collega's heeft verworven."

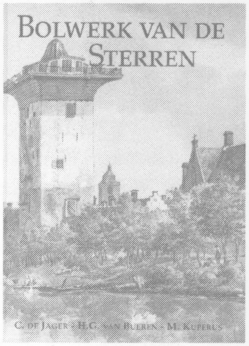
Beknopte bibliografie van Minnaert

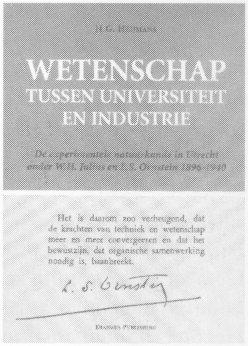
Contribution à la photobiologie quantitative, dissertatie, Gent, 1914.
De Verdeeling van den Arbeid en het Nationaliteitenbeginsel, Utrecht, 1917.
Licht- en Schaduwnaalden bij Pinus Laricio Poir., dissertatie, Gent, 1918.
Natuurkunde in leerlingenproeven, Groningen, 1924.
Onregelmatige straalkromming, Utrecht, 1925.
Radioaktiviteit; Het leven van Pierre Curie, Groningen, 1931.
De Natuurkunde van de Zon, Den Haag, 1936.
De betekenis van de Zonnephysica voor de Astrophysica, oratie, Groningen, 18 oktober 1937.
De Natuurkunde van 't Vrije Veld,deel I, II en III, Zutphen, 1938-'41; herzien 1968-'72; facsimile 1996.
The Photometric Atlas of the Solar Spectrum (met J. Houtgast en G.W.F. Mulders), Amsterdam, 1940.
De Sterrekunde en de Mensheid, Den Haag, 1946.
Dichters over Sterren, 1949.
The Significance of Astronomy for Biology, Publ. Astron. Soc. Pacific, 1951.
The Photosphere, in G.P. Kuiper, *The Solar System*, I, 1953.
De Utrechtse Sterrewacht en haar geschiedenis, Utrecht, 1953.
International Cooperation in Astronomy, Vistas in Astronomy, 1955.
Photometry of the Moon, in G.P. Kuiper, *The Solar System* III, 1961.
Forty years of Solar Spectroscopy, Utrecht, 1963.
De Eenheid van het Heelal, KNAW, Amsterdam, 1963.
The Solar Spectrum (met Ch. Moore-Sitterly en J. Houtgast), Washington, 1966.
Report on the Teaching of Astronomy, Trans. IAU, Parijs, 1966.
Practical Work in Elementary Astronomy, Dordrecht 1969.

Gebruikte literatuur

J. Minnaert en J. Minnaert-van Overberge; *Dagboek* (8 delen), Brugge-Gent, 1893-1916.
A. Pannekoek; *De Wonderbouw der Wereld*, Amsterdam, 1920.
P. Geyl; *De Groot-Nederlandsche Gedachte,* Amsterdam, 1930.
U. Keller; *Didactiek, Methodiek en Paedagogiek,* Collegedictaat Minnaert, Utrecht, 1938.
Gedenkboek Gijzelaarskamp Beekvliet; Sint Michielsgestel, Schiedam, 1946.
W. Bleeker, A. Blaauw, J.J. Raimond jr; *Een halve eeuw sterrekunde*, Groningen, 1951.
Liber Amicorum, Beste professor Minnaert..., Utrecht, 1 september 1963.
C. de Jager; *The Solar Spectrum*, Dordrecht, 1965.
Draaiboek uitzending Vlaamse TV; *Ten huize van prof dr Marcel G.J. Minnaert*, 25 juni 1970.
D. Vanacker; *Het aktivistisch avontuur*, Gent, 1991.
D. Vanacker; *De jonge Minnaert,* De Haan, 1993.
C. de Jager, H.G. van Bueren, M. Kuperus; *Bolwerk van de Sterren,* Amersfoort, 1993.
H.G. Heijmans; *Wetenschap tussen Universiteit en Industrie: De experimentele natuurkunde in Utrecht van W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940,* dissertatie, Rotterdam, 1994.
L. Molenaar; *We kunnen het niet langer aan de politici overlaten: De geschiedenis van het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers 1946-1980,* dissertatie, Rijswijk, 1994.
K. van Berkel, *Dijksterhuis: een biografie,* Amsterdam, 1996.
M. Smit-Miessen; *Herinneringen,* Phylakra, Utrecht, 1996.
H.A. Klomp, *De Relativiteitstheorie in Nederland*; *Breekijzer voor democratisering in het Interbellum,* dissertatie, Utrecht, 1997.







Opdracht en auteur

De auteur is leraar aan het Rotterdamse *Erasmiaans Gymnasium.* Hij is als Delfts ingenieur afgestudeerd in de didactiek van de scheikunde. Hij schreef voor het onderwijs *Chemie en Samenleving* (Natuur & Techniek, 1986). Hij promoveerde in Amsterdam als historicus op de geschiedschrijving van het *Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers* (1946-1980). Hij wijdde één van de tien biografische schetsen in zijn dissertatie aan Minnaert. Hij kreeg van de bouwgemachtigde de opdracht een brochure te schrijven *waarin het wetenschappelijke werk van Minnaert te Utrecht centraal zou staan.*
De komende drie jaar werkt hij aan diens biografie. Mensen die over materiaal en/of herinneringen beschikken worden uitgenodigd zich te richten tot de auteur: Noordeinde 9, 2611 KE Delft, 015 - 2 134 131.

Interviews en onderzoek

In de tekst worden interviews en/of teksten gebruikt, die voor de brochure òf de biografie zijn verzameld. In alfabetische volgorde werkten mee: prof. dr A. Blaauw, prof. dr F. van der Blij, prof. dr H. Brugmans (1989), prof. dr H.G. van Bueren, dr W.J. Claas, mevrouw M. Coelingh, Pieter Defesche, dr J. van Diggelen, prof. dr H. Eijkelhof, mevrouw M. Erasmus-van Zadelhoff, dr A.D. Fokker, mevrouw D. Fornier, prof. dr D. Freudenthal, prof dr H. Freudenthal (1989), dr P.J. Gathier, dr T. de Groot, dr J.R.W. Heintze, prof. dr E.P.J. van den Heuvel, Els Hondius, dr H. Hubenet, prof. dr H.C. van de Hulst, prof. dr C. de Jager, prof. dr M. Kuperus, E. Landré, H. Littooij, N. Niermans-Ortt, Boudewijn Minnaert, dr A. Schadee, prof. dr J.A. Smit, dra. M. Smit-Miessen, Chriet Titulaer, dr D. Vanacker, dr F. van 't Veer, prof. dr A.K. van der Vegt en prof. dr C. Zwaan.
De heer P. Smiesing van het Utrechtse *Universiteitsmuseum* hielp bij het archiefonderzoek.
Het *Sterrekundig Instituut* stelde het archiefmateriaal ter beschikking, en bovendien kon de auteur een jaar lang gebruik maken van kamer 710.
Minnaerts jongste zoon Boudewijn stelde in Sydney onder meer de dagboeken van Marcels ouders ter beschikking. Minnaerts schoondochter in Eindhoven, Els Hondius, verstrekte foto's en documenten, en verwees naar bronnen.De auteur dankt U allen, en hoopt dat het resultaat naar méér smaakt.

Begeleiding

De begeleidingscommissie bij de brochure bestond uit de wetenschapshistoricus dr F. van Lunteren en de astronomen dr A. Schadee en prof. dr C. Zwaan. De auteur dankt hen hartelijk voor hun richtinggevende bijdragen en kritische commentaren. Onder de vele meelezers met suggesties voor correcties wil hij in het bijzonder prof. dr ir A. de Hoop en ir. J. 't Mannetje noemen.
De medewerking van documentalist Evert Landré garandeerde een optimale illustratie. Zijn fotoarchief was een bron van inspiratie; zijn kleurenopname van Defesche's portret in de *Minnaertzaal* van het *Sterrekundig Instituut* siert de voorpagina.

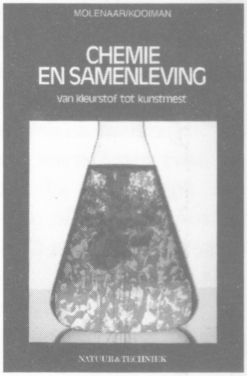
Colofon

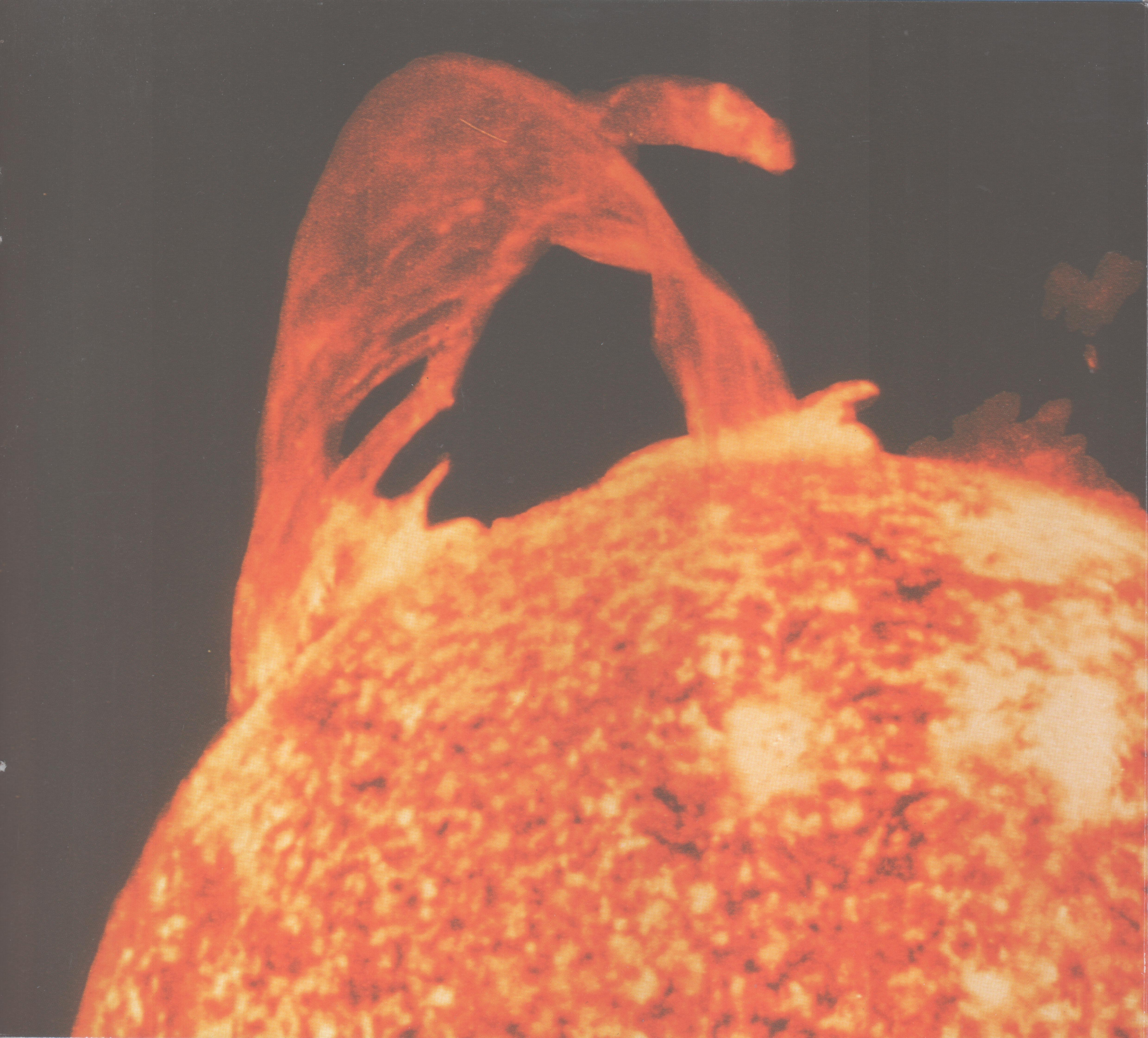
© 1998 Leo Molenaar

Uitgever: Elmar B.V., Rijswijk
Grafische vormgeving: Raster . bNO, Rijswijk
Druk: Ten Brink, Meppel

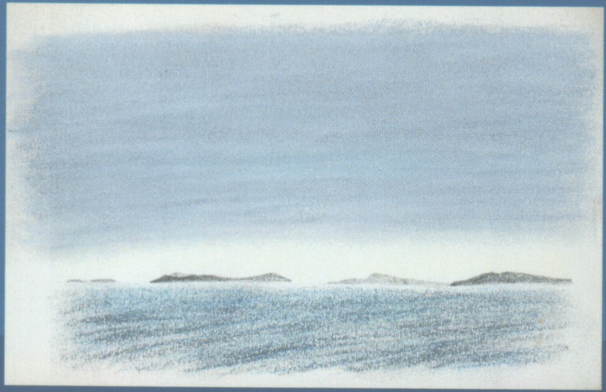
Uitgave ter gelegenheid van de opening van het Minnaertgebouw op 5 maart 1998.

Opdrachtgever: Universiteit Utrecht; dr P. J. Th. Zeegers (bouwheer), postbus 80.000, 3508 TA Utrecht, 030-2 532 958.



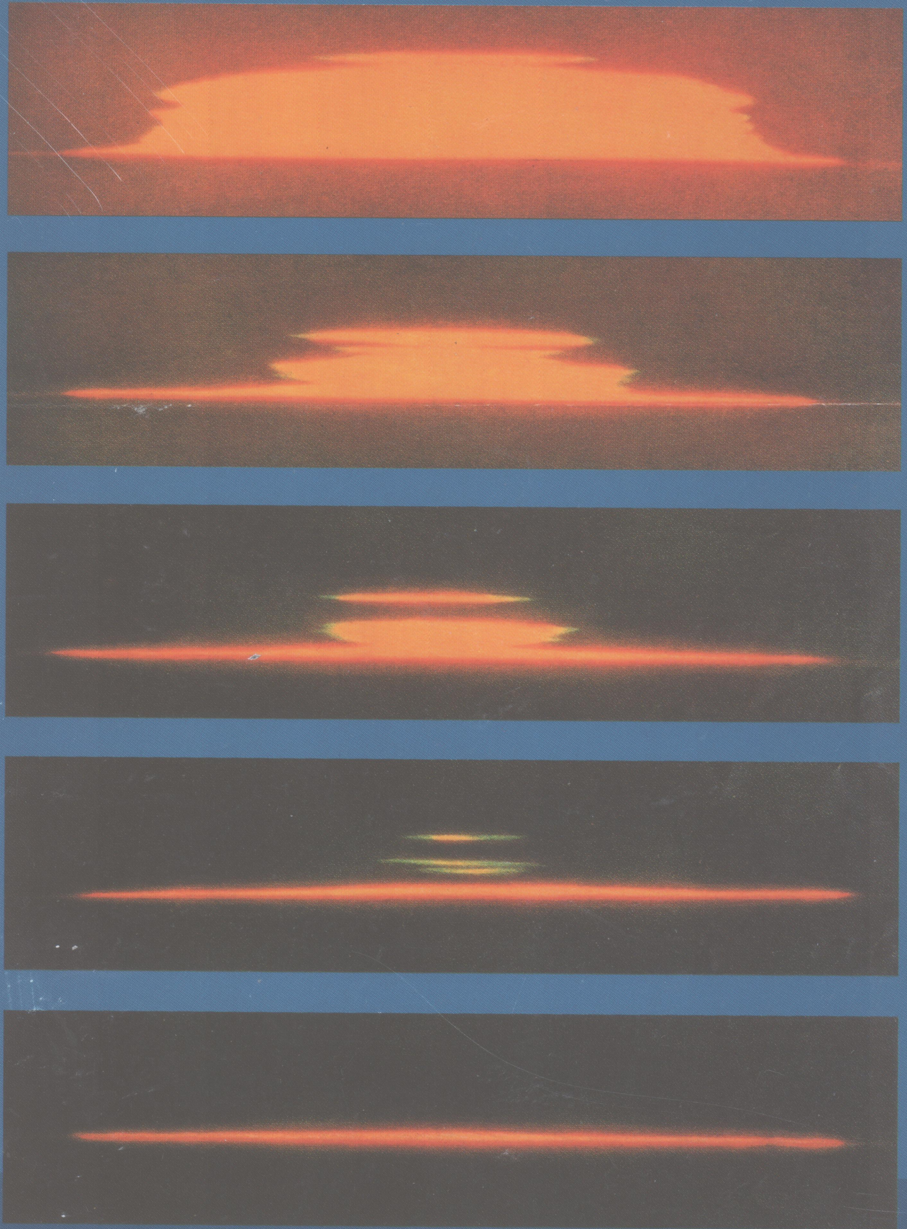


Ultravioletopname van een zonne-uitbarsting.
Detail van een zonneprotuberans



Krijttekeningen van Minnaert op reis.

Boven: Zonsondergang op Gander Airport; 6 november 1946.
Midden: Newfoundland – Belle Isle; 19 augustus 1932.
Onder: Middernachtszon van de Dundret naar het Oosten



John H. Taylor en Bernd T. Matthias publiceerden deze fotoreeks van de 'groene flits' in *Nature* van 12 april 1968: "to prof. Minnaert with admiration".